



TUGAS AKHIR – RC14-1501

PERENCANAAN GERBANG TOL KRIAN-LEGUNDI- BUNDER-MANYAR

ARNOLD YOSUA DONDOKAMBEY
NRP 03111340000037

Dosen Pembimbing I
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II
A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN GERBANG TOL KRIAN-LEGUNDI-
BUNDER-MANYAR**

ARNOLD YOSUA DONDOKAMBEY
NRP 3113100037

Dosen Pembimbing I
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II
A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT – RC14-1501

PLANNING OF KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR TOLL GATE

ARNOLD YOSUA DONDOKAMBEY
NRP 3113100037

Supervisor I
Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D

Supervisor II
A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering, Environment, Geoengineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

PERENCANAAN GERBANG TOL KRIAN-LEGUNDI- BUNDER-MANYAR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARNOLD YOSUA DONDOKAMBEY

NRP. 3113100037

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Hera Widyaningrum, M.T., Ph.D. (Pembimbing I)

2. A. Agung Gde Karika, S.T., Msc. (Pembimbing 2)



**SURABAYA
JULI, 2018**

PERENCANAAN GERBANG TOL KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR

Nama Mahasiswa : Arnold Yosua Dondokambey
NRP : 3113100037
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D
2. A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

ABSTRAK

Jalan tol merupakan fasilitas transportasi yang dibangun dengan tujuan untuk memperlancar lalu lintas daerah dan meningkatkan mobilitas orang dan barang demi pertumbuhan ekonomi daerah. Jalan tol sendiri memiliki gerbang tol yang merupakan tempat proses pelayanan transaksi tol terjadi. Gerbang tol terdiri dari beberapa gardu tol yang merupakan ruang bagi pengumpul tol untuk melaksanakan tugas nya. Sistem yang dapat dilakukan dalam pengumpulan tol pada saat ini yaitu sistem gardu tol otomatis (GTO, dan On Board Unit (OBU). Namun, jalan tol yang berfungsi sebagai jalan bebas hambatan juga sering mengalami kemacetan yang disebabkan oleh panjangnya antrian di gerbang tol karena jauhnya perbandingan antara gardu tol yang beroperasi dengan jumlah kendaraan yang masuk ke jalan tol.

Metodologi yang digunakan sebagai disiplin antrian adalah First In First Out dan Single Channel-Single Server sebagai struktur antrian pada perencanaan gerbang tol ini. Serta mempertimbangkan gerbang tol otomatis dan On Board Unit. Perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar, merencanakan jumlah gerbang tol yang optimum dalam segi panjang antrian dan tingkat pelayanan untuk tahun 2019 dan 2030.

Hasil dari perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar tahun 2019 gerbang tol Wringin Anom untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus golongan I, 2 gardu tol otomatis, dan 1 gardu On Board Unit, untuk Kedamean, Cerme, Bunder dan Manyar untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus golongan I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit. Pada tahun 2030, gerbang tol Wringin anom untuk arah masuk dan keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus golongan I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu On Board Unit. Gerbang tol Kedamean, Cerme dan Bunder untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus golongan I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol On Board Unit. Gerbang tol Manyar untuk arah masuk dan keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus golongan I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu tol On Board Unit.

Kata kunci : Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar, perencanaan gerbang tol, gerbang tol yang optimum

PLANNING OF KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR TOLL GATE

Name : Arnold Yosua Dondokambey
NRP : 03111340000037
Department : Civil Engineering
Supervisor : 1. Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D
2. A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

ABSTRACT

Toll road is a transport facility built with the aim of expediting regional traffic and increasing the mobility of people and goods for the sake of regional economic growth. The toll road itself has a toll gate which is where the toll transaction service process takes place. The toll gate consists of several toll booths which are a space for toll collectors to carry out their duties. The current system for toll collection is the automatic toll booth system (GTO) and On Board Unit (OBU). But toll roads function as freeways also often experience congestion caused by the length of the queue at the toll gate as far as comparison between toll booths that operate with the number of vehicles that enter the toll road.

The methodology used as a queue discipline is First In First Out and Single Channel-Single Server as the queue structure at this toll gate planning. As well as considering automatic toll booth and On Board Unit. Planning for the Krian-Legundi-Bunder-Manyar toll gate, plan the optimum number of toll gates in terms of queue length and service levels for 2019 and 2030.

The result of the planning of the Krian-Legundi-Bunder-Manyar toll gate 2019 Wringin Anom toll gate for the incoming and outgoing directions there is 1 class I-type automatic toll booths, 2 automatic toll booths and 1 On Board Unit, for Kedamean, Cerme, Bunder and Manyar toll gate for incoming and outgoing directions there is 1 class I-type automatic toll booth, 1 automatic toll booth and 1 On Board Unit. In 2030, Wringin anom

toll gate for incoming and outgoing directions there are 2 class I-type automatic toll booths, 3 automatic toll booths and 1 On Board Unit. Kedamean, Cerme and Bunder toll gate for incoming and outgoing directions there is 1 class I-type automatic toll booth, 1 automatic toll booth and 1 On Board Unit. Manyar toll gate for incoming and outgoing directions are 2 class I-type automatic toll booths, 3 automatic toll booths and 1 On Board Unit toll booth.

Kata kunci : Krian-Legundi-Bunder-Manyar toll gate, toll gate planning, optimum number of toll gate

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan pimpinannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar” dengan baik,

Pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan ikhlas dalam memberikan bimbingannya dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Bapak A. Agung Gde Kartika, ST. Msc selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan ikhlas dalam memberikan bimbingannya dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Semua teman-teman angkatan 2013 (S-56) yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Semua teman-teman anggota HMS FTSP ITS yang selalu memberi dukungan dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran sangat diharapkan, agar penulis dapat belajar lebih baik lagi demi kemajuan kita bersama.

Surabaya, 21 Juni 2018

Penulis

LEMBAR TERIMA KASIH

Keluarga besar Dondokambey-Tumurang atas semua doa dan dukungan untuk kelancaran tugas akhir ini.

Sahabat-sahabat terbaik saya Macan Ternak : Ronaa, Deanty, Mc, Audria, Mano, Dhana, Tika, Abi, Alham, Sarah, Rima, Ulfah, Raqil yang selalu memberikan doa dan dukungan

Teman-teman yang selalu memberikan dukungan, bantuan dan menemani selama penyelesaian tugas akhir ini : Astrie, Gistra, Pandu, Etza, Anindita, Aan, Sondha, Emerald dan yang lainnya

Teman-teman Penghuni Makhluk Kantin yang selalu memberikan menemani dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir : Lila, Oka, Lunar, Fauzan, Miftah, Fikri, Daniel, Aldhi

Gufra Ramadhana dan Ivan Dwi Rahmadan yang selalu membantu, menemani, dan bermain selama 1 tahun akhir ini.

Teman-teman sipil yang selalu serta membantu dan mengerjakan tugas akhir ini bersama-sama : Ganggas, Alyssa, Viena, Tyo, Gregorius, Bara, Syahrizal, Rafi, Saocy, Alifia, Alfrico, dan lainnya.

Dan semua pihak yang telah membantu dan tak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penulisan	3
1.6. Lokasi Studi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Jalan Tol	7
2.2.1 Maksud, Tujuan, dan Lingkup Jalan Tol.....	7
2.2.2 Syarat Teknis dari Jalan Tol	8
2.2.3 Spesifikasi dari Jalan Tol.....	8
2.3 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol.....	9
2.4 Analisis Data Lalu Lintas	10
2.4.1 Data Masukan Lalu Lintas	10
2.5 Gerbang Tol.....	10
2.5.1 Kriteria Umum.....	10
2.6 Gardu Tol	11
2.6.1 Jumlah Kebutuhan Gardu Tol.....	11
2.7 Teori Antrian	13
2.7.1 Kedatangan Populasi yang akan Dilayani	13
2.7.2 Antrian.....	15
2.7.3 Fasilitas Pelayanan	15
2.8 Sistem Antrian Gerbang Tol	20

2.9	Model Sebaran Pergerakan	21
2.10	Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol	22
2.10.1	Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis	22
2.10.2	Sistem Pembayaran <i>On Board Unit</i>	23
BAB III METODOLOGI		25
3.1	Umum.....	25
3.2	Uraian Kegiatan.....	25
3.3	Bagan Alir (<i>Flowchart</i>)	28
BAB IV PENGUMPULAN DATA		29
4.1	Umum.....	29
4.2	Data Primer	29
4.2.1	Waktu Pelayanan	29
4.3	Data Sekunder	42
BAB V ANALISIS dan PEMBAHASAN.....		45
5.1	Analisis Data Lalu Lintas	45
5.1.1	Analisis Volume Kendaraan	45
5.1.2	Matriks Asal Tujuan	46
5.2	Analisis Tingkat Kedatangan (λ)	50
5.2.1	Analisis Distribusi Kendaraan	54
5.2.2	Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang	56
5.3	Analisis Waktu Pelayanan	57
5.4	Analisis Tingkat Pelayanan (μ).....	67
5.5	Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan (ρ)	69
5.5.1	Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan Gerbang Tol	70
5.6	Analisis Antrian pada Gerbang Tol	77
5.7	Perencanaan Gerbang Tol KLBM tahun 2030.....	83
5.7.1	Analisis Tingkat Kedatangan	87
5.7.2	Analisis Distribusi Kendaraan	91

5.7.3	Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang	93
5.7.4	Analisis Tingkat Pelayanan Tahun 2030.....	94
5.7.5	Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan Tahun 2030.....	95
5.7.6	Analisis Antrian Gerbang Tol Tahun 2030	103
BAB VI KESIMPULAN.....		109
6.1	Kesimpulan.....	109
6.2	Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA		113
LAMPIRAN.....		115

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan Bermotor pada Jalan Tol yang Sudah Beroperasi	9
Tabel 5. 1 Proporsi Golongan Kendaraan I-V	45
Tabel 5. 2 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan I	47
Tabel 5. 3 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan II	47
Tabel 5. 4 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan III	48
Tabel 5. 5 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan IV	48
Tabel 5. 6 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan V	49
Tabel 5. 7 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019 Golongan I	51
Tabel 5. 8 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019 Golongan II	51
Tabel 5. 9 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019 Golongan III	52
Tabel 5. 10 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019 Golongan IV	52
Tabel 5. 11 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019 Golongan V	53
Tabel 5. 12 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol	55
Tabel 5. 13 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol KLBM	56
Tabel 5. 14 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol KLBM	57
Tabel 5. 15 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I	58
Tabel 5. 16 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II	59

Tabel 5. 17 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III.....	61
Tabel 5. 18 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV.....	62
Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V.....	64
Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit.....	65
Tabel 5. 21 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol KLBM 2019.....	68
Tabel 5. 22 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang.....	69
Tabel 5. 23 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol KLBM Tahun 2019.....	76
Tabel 5. 24 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol KLBM Tahun 2019.....	82
Tabel 5. 25 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan I.....	84
Tabel 5. 26 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan II.....	84
Tabel 5. 27 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan III.....	85
Tabel 5. 28 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan IV.....	85
Tabel 5. 29 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Golongan V.....	86
Tabel 5. 30 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030 Golongan I.....	88
Tabel 5. 31 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030 Golongan II.....	88
Tabel 5. 32 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030 Golongan III.....	89
Tabel 5. 33 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030 Golongan IV.....	89

Tabel 5. 34 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030 Golongan V	90
Tabel 5. 35 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol tahun 2030 ...	92
Tabel 5. 36 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol KLBM Tahun 2030	93
Tabel 5. 37 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol KLBM Tahun 2030	93
Tabel 5. 38 Hasil Analisis Tingkat Pelayanan Tahun 2030	94
Tabel 5. 39 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang	96
Tabel 5. 40 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol KLBM Tahun 2030	102
Tabel 5. 41 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol KLBM Tahun 2030	107

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar	4
Gambar 1. 2 Trase Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar	5
Gambar 1. 3 Lokasi Titik Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (Sumber : PT Waskita Bumi Wira)	6
Gambar 2. 1 Struktur antrian <i>Single Channel-Single Server</i>	16
Gambar 2. 2 Struktur antrian <i>Single Channel- Multiserver</i>	16
Gambar 2. 3 Struktur antrian <i>Single Channel- Multiserver</i>	17
Gambar 2. 4 Struktur antrian <i>Single Channel- Multiserver</i>	18
Gambar 2. 5 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis	23
Gambar 2. 6 Perangkat On Board Unit.....	24
Gambar 2. 7 Cara Sistem Pembayaran On Board Unit	24
Gambar 3. 1 Bagan Diagram Alir (flowchart	28
Gambar 4. 1 Ilustrasi lalu lintas jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar	44
Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I	58
Gambar 5. 2 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II.....	60
Gambar 5. 3 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III	61
Gambar 5. 4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV	63
Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V.....	64
Gambar 5. 6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit.....	66
Gambar 5. 7 Ilustrasi Gardu Tol arah Masuk	73
Gambar 5. 8 Ilustrasi Gardu Tol arah Keluar	75
Gambar 5. 9 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah masuk	79
Gambar 5. 10 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah keluar.....	81
Gambar 5. 11 Ilustrasi Gardu Tol arah Masuk	98

Gambar 5. 12 Ilustrasi gardu tol arah keluar.....	101
Gambar 5. 13 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah masuk	105
Gambar 5. 14 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah keluar.....	107

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Gresik dan Kabupaten Sidoarjo merupakan dua kabupaten yang berada di sekitar Surabaya yang memberi kontribusi besar dalam pertumbuhan dan pergerakan industri di Jawa Timur serta sebagai wilayah yang mendukung fungsi Kota Surabaya sebagai *hub* bagi aktivitas ekonomi dan sosial wilayah Indonesia bagian timur. Menurut BPS Provinsi Jawa Timur tahun 2015, Kabupaten Gresik memiliki kenaikan jumlah penduduk sebesar 1,24% dari tahun 2010, sedangkan Kabupaten Sidoarjo memiliki kenaikan sebesar 1,66%. Dengan makin meningkatnya angka jumlah penduduk tiap tahunnya, maka proyeksi pertambahan mobilitas atau pergerakan orang dan barang dari maupun ke Gresik atau Sidoarjo akan semakin meningkat.

Pergerakan lalu lintas angkutan jalan merupakan pergerakan yang dominan di kawasan Gresik dan Sidoarjo. Hal ini sangat terlihat dengan tingginya lalu lintas saat ini pada koridor-koridor utama pada jalan sehingga mendorong Pemerintah Daerah Jawa Timur untuk membangun jaringan jalan bebas hambatan atau jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar. Jalan tol ini dibangun untuk meningkatkan konektivitas, mengembangkan potensi ekonomi daerah sekitar, dan memberikan manfaat penyerapan tenaga kerja baik selama masa konstruksi maupun setelah beroperasi untuk Jawa Timur. Serta jalan tol ini diharapkan dapat mendukung program pemerintah yang telah ditetapkan didalam Peraturan Pemerintah Nomor 26 tahun 2008 tentang RTRWN tentang Penetapan Kota Surabaya dan sekitarnya yaitu kawasan Gerbangkertosusila (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoarjo, dan Lamongan) sebagai Kawasan Strategis Nasional Dengan Sudut Kepentingan Ekonomi. Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar direncanakan akan memiliki total panjang 38,29 km yang terbagi menjadi 4 seksi yaitu seksi I Krian-Kedamen (9,5

km), seksi II Kedamen-Bodoh (9,1 km), seksi III Bodoh-Bunder (10,57 km), seksi IV Bunder-Manyar (9,12 km).

Jalan tol merupakan fasilitas transportasi yang dibangun dengan tujuan untuk memperlancar lalu lintas daerah dan meningkatkan mobilitas orang dan barang demi pertumbuhan ekonomi daerah. Manfaat yang didapat oleh pengguna jalan tol adalah penghematan biaya operasional serta penghematan waktu dalam melakukan perjalanan dibanding melewati jalan eksisting. Jalan tol sendiri memiliki gerbang tol yang merupakan tempat proses pelayanan transaksi tol terjadi. Gerbang tol terdiri dari beberapa gardu tol yang merupakan ruang bagi pengumpul tol untuk melaksanakan tugas nya. Sistem yang dapat dilakukan dalam pengumpulan tol pada saat ini yaitu sistem gardu tol otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU). Namun, jalan tol yang berfungsi sebagai jalan bebas hambatan juga sering mengalami kemacetan yang disebabkan oleh panjangnya antrian di gerbang tol karena jauhnya perbandingan antara gardu tol yang beroperasi dengan jumlah kendaraan yang masuk ke jalan tol.

Dengan adanya permasalahan kemacetan yang terjadi di gerbang tol ini maka sangat diperlukan perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar, agar fungsi jalan tol ini sebagai jalan bebas hambatan dapat dioptimalkan dengan baik dalam mendukung pergerakan atau mobilitas orang dan barang dari dan ke Gresik ataupun Sidoarjo.

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila semua gerbang tol direncanakan menggunakan sistem Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU)?
2. Berapa jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila semua gerbang tol direncanakan menggunakan sistem

Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU) pada tahun 2030 ?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui jumlah gardu tol yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila menggunakan sistem Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU).
2. Mengetahui jumlah gardu yang dibutuhkan dan panjang antrian berdasarkan tingkat kedatangan kendaraan apabila menggunakan sistem Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU) pada tahun 2030.

1.4. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan masalah, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Kendaraan yang ditinjau hanya kendaraan roda 4 atau lebih.
2. Tidak memperhitungkan dari segi ekonomi dan finansial.
3. Tidak memperhitungkan geometrik jalan tol
4. Tidak memperhitungkan perilaku pengendara.

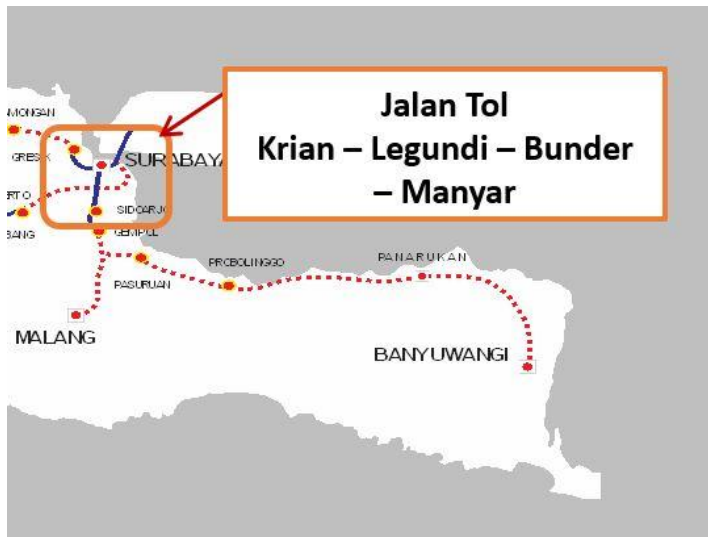
1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

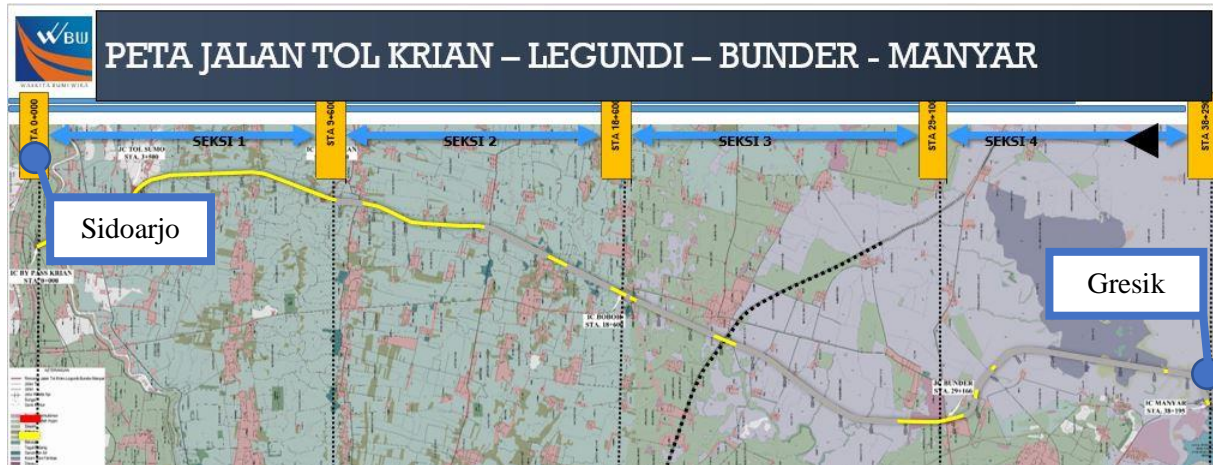
1. Memberikan gambaran dalam menentukan jumlah gerbang tol yang optimal sesuai dengan tingkat kedatangan kendaraan
2. Sebagai referensi untuk mahasiswa, PT. Waskita Bumi Wira, dan pihak lain yang berencana melakukan perencanaan gerbang tol di kemudian hari.

1.6. Lokasi Studi

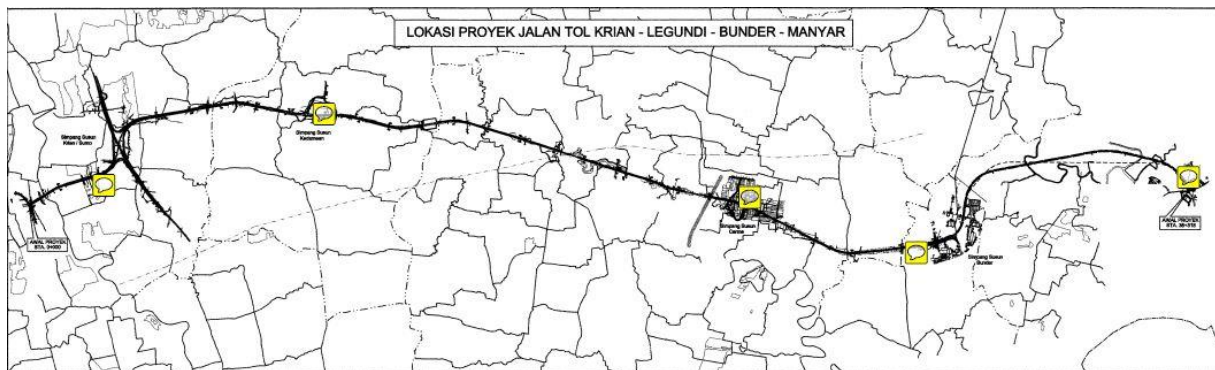
Jalan tol yang ditinjau merupakan jalan tol yang menghubungkan Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Gresik yaitu jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar. Gerbang tol yang akan dianalisis yaitu gerbang Wringinanom, gerbang Kedamean, gerbang Cerme, gerbang Bunder, dan gerbang Manyar.



Gambar 1. 1 Lokasi Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
(Sumber : PT Waskita Bumi Wira, 2018)



Gambar 1. 2 Trase Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
(Sumber : PT Waskita Bumi Wira, 2018)



Gambar 1. 3 Lokasi Titik Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
(Sumber : PT Waskita Bumi Wira, 2018)

Keterangan (kiri-kanan) :

1. Gerbang Wringin Anom
2. Gerbang Kedamean
3. Gerbang Cerme
4. Gerbang Bunder
5. Gerbang Manyar

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan Pustaka menguraikan uraian sistematis tentang informasi hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang relevan untuk membantu dalam penulisan tugas akhir ini. Hal ini bertujuan untuk menciptakan persepsi yang sama antara penulis dan pembaca dan dapat dipertanggungjawabkan.

2.2 Jalan Tol

Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Sedangkan tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol.

2.2.1 Maksud, Tujuan, dan Lingkup Jalan Tol

Menurut Peraturan Pemerintah No 15 tahun 2005 jalan tol memiliki maksud, tujuan, dan lingkup sebagai berikut :

- Penyelenggaraan jalan tol dimaksudkan untuk mewujudkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya serta keseimbangan dalam pengembangan wilayah dengan memperhatikan keadilan, yang dapat dicapai dengan membina jaringan jalan yang dananya berasal dari pengguna jalan.
- Penyelenggaraan jalan tol bertujuan meningkatkan efisiensi pelayanan jasa distribusi guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi terutama di wilayah yang sudah tinggi tingkat perkembangannya.
- Lingkup Peraturan Pemerintah ini mencakup pengaturan penyelenggaraan jalan tol, BPJT, serta hak dan kewajiban Badan Usaha dan pengguna jalan tol.

2.2.2 Syarat Teknis dari Jalan Tol

Menurut Peraturan Pemerintah No 15 tahun 2005 disebutkan bahwa syarat teknis jalan adalah sebagai berikut :

- Jalan tol mempunyai tingkat pelayanan keamanan dan kenyamanan yang lebih tinggi dari jalan umum yang ada dan dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi.
- Jalan tol yang digunakan untuk lalu lintas antarkota didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 80 (delapan puluh) kilometer per jam, dan untuk jalan tol di wilayah perkotaan didesain dengan kecepatan rencana paling rendah 60 (enam puluh) kilometer per jam.
- Jalan tol didesain untuk mampu menahan muatan sumbu terberat (MST) paling rendah 8 (delapan) ton.
- Setiap ruas jalan tol harus dilakukan pemagaran, dan dilengkapi dengan fasilitas penyeberangan jalan dalam bentuk jembatan atau terowongan.
- Pada tempat-tempat yang dapat membahayakan pengguna jalan tol, harus diberi bangunan pengaman yang mempunyai kekuatan dan struktur yang dapat menyerap energi benturan kendaraan.
- Setiap jalan tol wajib dilengkapi dengan aturan perintah dan larangan yang dinyatakan dengan rambu lalu lintas, marka jalan, dan atau alat pemberi isyarat lalu lintas.

2.2.3 Spesifikasi dari Jalan Tol

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 tentang jalan tol pada pasal 6 disebutkan bahwa spesifikasi dari jalan tol sebagai berikut :

- Tidak ada persimpangan sebidang dengan ruas jalan lain atau dengan prasarana transportasi lainnya
- Jumlah jalan masuk dan keluar ke dan dari jalan keluar harus terkendali secara penuh

- Jarak antar simpang susun, paling rendah 5 km untuk jalan tol luar perkotaan dan paling rendah 2 km untuk jalan tol dalam perkotaan
- Jumlah lajur sekurang-kurangnya dua lajur per arah
- Menggunakan pemisah atau median
- Lebar bahu jalan sebelah harus dapat dipergunakan sebagai lalu-lintas sementara dalam keadaan darurat

2.3 Jenis Kendaraan pada Jalan Tol

Pada Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2007 menetapkan golongan jenis kendaraan bermotor pada ruas jalan tol adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Golongan Jenis Kendaraan Bermotor pada Jalan Tol yang Sudah Beroperasi

Golongan	Jenis Kendaraan
Golongan I	Sedan, Jip, Pick Up/Truck Kecil, dan Bus
Golongan II	Truk dengan 2 (dua) gandar
Golongan III	Truk dengan 3 (tiga) gandar
Golongan IV	Truk dengan 4 (empat) gandar
Golongan V	Truk dengan 5 (lima) gandar

(Sumber : Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/M/2007)

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 mengklasifikasikan kendaraan pada jalan bebas hambatan sebagai berikut :

- KR : Mobil penumpang, Pickup, Truk kecil, dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 5,5m
- KS : Bus dan Truk 2 sumbu, dengan panjang tidak lebih dari atau sama dengan 9,0m
- BB : Bus besar, dengan panjang 5,5m-12,0m
- TB : Truk 3 sumbu dan Truk kombinasi dengan panjang lebih dari 12,0m.

2.4 Analisis Data Lalu Lintas

2.4.1 Data Masukan Lalu Lintas

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (2014), data masukan lalu lintas terdiri dari dua, yaitu data arus lalu lintas eksisting dan data arus lalu lintas rencana. Data lalu lintas eksisting digunakan untuk melakukan evaluasi kinerja lalu lintas. Data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam desain (Q_{JP}) yang ditetapkan dari LHRT, menggunakan faktor k .

$$q_{JP} = \text{LHRT} \times k \quad (2.1)$$

Dimana :

q_{JP} = arus lalu lintas dalam satuan kend/jam, yang digunakan untuk desain

LHRT = adalah volume lalu lintas rata-rata tahunan yang ditetapkan dari survei perhitungan lalu lintas selama satu tahun penuh dibagi jumlah hari dalam tahun tersebut, dinyatakan dalam kend./hari.

k = adalah faktor jam rencana, ditetapkan dari kajian fluktuasi arus lalu lintas jam-jaman selama satu tahun. Nilai k yang dapat digunakan untuk jalan bebas hambatan yaitu sebesar 11%.

2.5 Gerbang Tol

Menurut Standar Konstruksi dan Bangunan No. 007/BM/2009 gerbang tol adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pemakai jalan tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana kelengkapan lainnya.

2.5.1 Kriteria Umum

Gerbang tol harus direncanakan sesuai dengan kriteria sebagai berikut :

- a. Bentuk konstruksi atap dan tinggi minimum gerbang tol dibuat sedemikian mungkin rupa sehingga mempunyai

ruang bebas pada lajur lalu lintas dengan tinggi minimum 5,10 m.

- b. Lebar atap gerbang tol minimum 13 m dan bentuk listplanknya dibuat sedemikian sehingga memungkinkan pemasangan lampu lalu lintas ataupun *lane indicator*. Penempatan kolom gerbang harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pandangan bebas pengumpul tol ke arah datangnya kendaraan dan kebutuhan akan ruan gerak yang memadai bagi karyawan gerbang dalam melaksanakan tugasnya di gerbang tol.
- c. Untuk gerbang tol dengan jumlah lebih dari 10 lajur (9pulau tol) diharuskan dilengkapi dengan terowongan penghubung antar gardu dan ke kantor gerbang untuk keselamatan dn keamanan pengumpul tol yang sekaligus menamoung utilitas.
- d. Penempatan lampu atap gerbang agar dibuat sedemikian mungkin hingga tidak menyilaukan pengumpul tol untuk melihat kendaraan yang datang serta tindak mengganggu fungsi *lane indicator*.

2.6 Gardu Tol

Menurut Standar Konstruksi dan Bangunan No. 007/BM/2009 gardu tol adalah ruang tempat berkerja pengumpul tol untuk melaksanakan tugas pelayanan kepada pemakai jalan. Gardu tol perlu direncanakan sedemikian rupa sehingga menciptakan konidisi kerja yang cukup nyaman dana man bagi pengumpul tol.

Ukuran gardu tol minimal lebar 1,25 meter, panjang 2,00 meter, dan tinggi 2,5 meter. Pintu gardu tol berupa pintu geser dan diletakkan pada bagian belakang gardu, dengan lebar minimum 0,60 meter.

2.6.1 Jumlah Kebutuhan Gardu Tol

Untuk menetapkan jumlah lajur atau jumlah gardu tol yang direncanakan, akan ditentukan oleh 3 faktor yaitu :

1. Volume lalu lintas
2. Waktu pelayanan di gardu tol.
3. Standar pelayanan (jumlah antrian kendaraan yang diperkenankan)

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan pada periode waktu tertentu, diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu. Volume lalu lintas suatu jalan akan bervariasi tergantung pada volume total dua arah, arah lalu lintas, volume harian, bulanan dan tahunan pada komposisi kendaraan.

Waktu pelayanan merupakan waktu yang diberikan dalam melayani jasa. Waktu pelayanan tol sangat dipengaruhi oleh sistem pengumpulan tol dan kemampuan peralatan tol maupun keterampilan dan kesiapan petugas pengumpul tol maupun pemakain jalan. Besarnya waktu pelayanan tol menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol adalah sebagai berikut :

- Sistem pengumpulan terbuka
 1. Gardu masuk/keluar : 6 detik
- Sistem pengumpulan tol tertutup
 1. Gardu masuk : 5 detik
 2. Gardu keluar : 9 detik
- Sistem pengumpulan otomatis
 1. Gardu ambil kartu : 4 detik
 2. Gardu transaksi : 5 detik

Dalam kondisi normal, jumlah antrian kendaraan yang diperkenankan pada setiap gardu tol adalah maksimal 10 kendaraan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol).

2.7 Teori Antrian

Antrian yang panjang sering sekali terjadi di lingkungan sekitar kita, seperti saat membeli tiket kereta api di stasiun, tiket menonton di bioskop dan sebagainya. Timbulnya antrian ini dikarenakan tingkat pelayanan yang tinggi yang melebihi kapasitas pelayanan. Tujuan teori antrian ialah merencanakan fasilitas pelayanan untuk mengatasi lamanya antrian yang sering terjadi.

Subyek penting yang berperan dalam sistem antrian ini adalah pelanggan pelayan, dimana terdapat periode waktu antar pelanggan untuk mendapatkan kebutuhan pelayanan dari pelayan. Menurut Gross (2008), sistem antrian adalah kedatangan pelanggan untuk mendapatkan pelayanan, menunggu untuk dilayani jika fasilitas pelayan masih sibuk, mendapatkan pelayanan dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani.

Ada tiga komponen dalam sistem antrian yaitu :

1. Kedatangan, populasi yang akan dilayani
2. Antrian
3. Fasilitas pelayanan

2.7.1 Kedatangan Populasi yang akan Dilayani

Karakteristik dari populasi yang akan dilayani dapat dilihat menurut ukurannya, pola kedatangan, serta perilaku dari populasi yang akan dilayani. Menurut ukurannya, populasi yang akan dilayani bisa terbatas (finite) bisa juga tidak terbatas (infinite). Sebagai contoh jumlah mahasiswa yang antri untuk registrasi di sebuah perguruan tinggi sudah diketahui jumlahnya (finite), sedangkan jumlah nasabah bank yang antri untuk setor, menarik tabungan, maupun membuka rekening baru, bisa tak terbatas (infinte).

Pola kedatangan adalah dengan cara bagaimana individu-individu dari populasi memasuki sistem. Pola kedatangan bisa teratur, bisa juga acak (random). Untuk pola kedatangan acak dapat digambarkan menggunakan distribusi probabilitas poisson. Menurut Walpole (1995), distribusi poisson adalah distribusi

peluang acak poisson X , yang menyatakan banyaknya sukses yang terjadi dalam suatu selang waktu atau daerah tertentu. Bilangan X yang menyatakan banyaknya hasil percobaan dalam suatu percobaan poisson disebut peubah acak poisson dan sebaran peluangnya disebut sebaran poisson. Ciri-ciri distribusi Poisson (Walpole, 1995) :

1. Banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu interval waktu atau suatu daerah tertentu, tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada interval waktu atau daerah yang lain yang terpisah.
2. Probabilitas terjadinya hasil percobaan selama suatu interval waktu yang singkat atau dalam suatu daerah yang kecil, sebanding dengan panjang interval waktu atau besarnya daerah tersebut dan tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi diluar interval waktu atau daerah tersebut.
3. Probabilitas lebih dari satu hasil percobaan yang terjadi dalam interval waktu yang singkat atau dalam daerah yang kecil dapat diabaikan.

Probabilitas n kedatangan dalam waktu T ditentukan dengan rumus :

$$P(n, T) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^n}{n!} \quad \text{Dimana } n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.1)$$

dimana :

λ = rata-rata kedatangan persatuan waktu

T = periode waktu

n = jumlah kedatangan dalam waktu T

$P(n, T)$ = probabilitas n kedatangan dalam waktu T

Jika kedatangan mengikuti Distribusi Poisson dapat ditunjukkan secara matematis bahwa waktu antar

kedatangan akan terdistribusi sesuai dengan distribusi eksponensial

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad 0 \leq t \leq \infty \quad (2.2)$$

Dimana :

$P(T \leq t)$	= probabilitas diana waktu antar kedatangan $T \leq$ suatu waktu tertentu
λ	= rata-rata kedatangan persatuan waktu
t	= suatu waktu tertentu

Populasi yang akan dilayani mempunyai perilaku yang berbeda-beda dalam membentuk antrian. Ada tiga jenis perilaku: *reneging*, *balking*, dan *jockeying*. *Reneging* menggambarkan situasi dimana seseorang masuk dalam antrian, namun belum memperoleh pelayanan, kemudian meninggalkan antrian tersebut. *Balking* menggambarkan orang yang tidak masuk dalam antrian dan langsung meninggalkan tempat antrian. *Jockeying* menggambarkan orang yang pindah-pindah antrian.

2.7.2 Antrian

Batasan panjang antrian bisa terbatas (limited) bisa juga tidak terbatas (unlimited). Sebagai contoh antrian di jalan tol masuk dalam kategori panjang antrian yang tidak terbatas. Sementara antrian di rumah makan, masuk kategori panjang antrian yang terbatas karena keterbatasan tempat. Dalam kasus batasan panjang antrian yang tertentu (*definite line-length*) dapat menyebabkan penundaan kedatangan antrian bila batasan telah tercapai.

2.7.3 Fasilitas Pelayanan

Karakteristik fasilitas pelayanan dapat dilihat dari tiga hal, yaitu tata letak (*lay out*) secara fisik dari sistem antrian, disiplin antrian, waktu pelayanan.

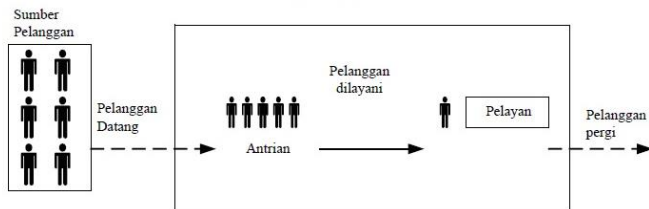
➤ Tata Letak

Tata letak atau struktur antrian dapat digambarkan dengan jumlah saluran atau bisa juga disebut sebagai jumlah

pelayan. Menurut Napitu (2008), ada 4 model tata letak sistem antrian yaitu :

1. *Single Channel-Single Server*

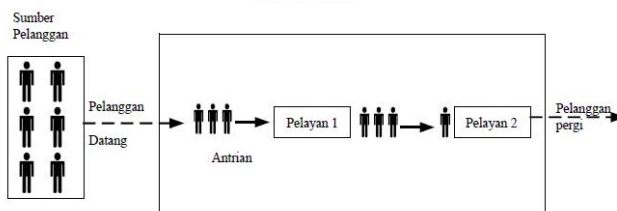
Struktur antrian ini hanya memiliki satu pemberi layanan serta satu jenis layanan yang diberikan. Contoh dari sistem ini adalah pembelian tiket bus oleh satu loket.



Gambar 2. 1 Struktur antrian *Single Channel-Single Server*
(Sumber: Analisis Antrian Pada PT. Bank Rakyat Indonesia Cabang Pematang Siantar Unit Pasar Horas, Napitu, 2008)

2. *Single Channel-Multiserver*

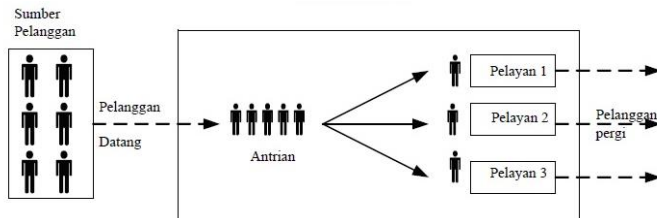
Struktur antrian ini memiliki dua atau lebih jenis layanan yang dilaksanakan secara berurutan, tetapi dalam setiap jenis layanan hanya terdapat satu pemberi layanan. Contohnya adalah pada proses pencucian mobil.



Gambar 2. 2 Struktur antrian *Single Channel- Multiserver*
(Sumber: Analisis Antrian Pada PT. Bank Rakyat Indonesia Cabang Pematang Siantar Unit Pasar Horas, Napitu, 2008)

3. *Multichannel-Single Server*

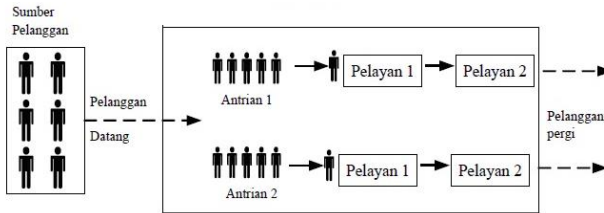
Struktur antrian ini memiliki satu jenis layanan dalam sistem antrian tersebut, namun terdapat lebih dari satu pemberi layanan. Contoh dari struktur antrian ini adalah pembelian tiket yang dilayani oleh lebih dari satu loket, pelayanan nasabah bank, dan lain-lain.



Gambar 2. 3 Struktur antrian *Single Channel- Multiserver*
(Sumber: Analisis Antrian Pada PT. Bank Rakyat Indonesia
Cabang Pematang Siantar Unit Pasar Horas, Napitu, 2008)

4. *Multichannel-Multiserver*

Struktur antrian ini memiliki lebih dari satu jenis layanan dan terdapat lebih dari satu pember layanan dalam setiap jenis layanan. Contoh dari struktur antrian ini adalah pelayanan kepada pasien di rumah sakit dari pendaftaran, diagnosa, tindakan medis sampai dengan pembayaran. Setiap sistem-sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada suatu waktu.



Gambar 2. 4 Struktur antrian *Single Channel- Multiserver*
(Sumber: Analisis Antrian Pada PT. Bank Rakyat Indonesia
Cabang Pematang Siantar Unit Pasar Horas, Napitu, 2008)

➤ **Disiplin Antrian**

Disiplin antrian adalah konsep membahas mengenai kebijakan dalam mana para langganan dipilih dari antrian untuk dilayani, berdasarkan urutan kedatangan pelanggan. Menurut Gross (2008), ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan dalam praktek yaitu :

1. *First Come, First Served* (FCFS) atau *First In, First Out* (FIFO)

Datang pertama, dilayani pertama merupakan suatu peraturan dimana pelanggan yang dilayani terlebih dahulu adalah pelanggan yang datang pertama kali. Contohnya seperti pelanggan yang antri pada loket penjualan tiket.

Persamaan yang digunakan untuk analisis disiplin antrian FIFO:

$$\bar{n} = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = \frac{\rho}{(1 - \rho)} \quad (2.3)$$

$$\bar{q} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} \quad (2.4)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (2.5)$$

$$\bar{w} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \quad (2.6)$$

Dimana :

- \bar{n} = jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang persatuan waktu)
- \bar{q} = jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang persatuan waktu)
- \bar{d} = waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)
- \bar{w} = waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

2. *Last Come, First Served* (LCFS)

Datang terakhir, dilayani pertama merupakan antrian dimana pelanggan yang datang terakhirlah yang akan dilayani terlebih dahulu. Contohnya seperti pada sistem antrian bongkar muat barang dalam truk, dimana barang yang masuk terakhir akan keluar terlebih dahulu.

3. *Service in Random Order* (SIRO)

Pelayanan dalam urutan acak merupakan salah satu disiplin antrian dimana pelayanan dilakukan dengan aturan acak (*Random Order*). Contohnya seperti dalam suatu kegiatan arisan, dimana pemenangnya didasarkan pada proses undian.

4. *Priority Service* (PS) Disiplin antrian ini merupakan prioritas pelayanan yang dilakukan khusus kepada pelanggan utama yang mempunyai prioritas tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas rendah. Contohnya seperti pada pasien rumah sakit yang mendapatkan

prioritas penanganan terlebih dahulu dikarenakan mempunyai penyakit yang lebih berat dibanding dengan pasien lain.

2.8 Sistem Antrian Gerbang Tol

Sistem antrian yang digunakan pada gerbang tol adalah *Single Channel-Single Server*. Menurut Kakiay, 2004, *Single channel* berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau satu fasilitas pelayanan. *Single server* berarti hanya ada satu pelayanan sitem. Antrian dengan saluran tunggal merupakan model antrian yang paling sederhana dan banyak dijumpai.

Asumsi yang digunakan dalam model antrian ini adalah :

- Kedatangan dilayani berdasarkan antrian *first come first served* (FCFS) dan setiap konsumen yang datang menanti gilirannya untuk dilayani tanpa memperhatikan panjangnya antrian
- Kedatangan tidak tergantung pada kedatangan sebelumnya dan rata-rata tingkat kedatangan tidak berubah setiap waktunya
- Kedatangan mengikuti distribusi poisson dan berasal dari sumber yang tidak terbatas
- Waktu pelayanan bervariasi antara konsumen yang satu dengan dengan konsumen yang lainnya serta tidak bergantung satu sama lain tetapi rata-rata tingkat pelayanan diketahui
- Waktu pelayanan mengikuti berdistribusi eksponensial negatif
- Rata-rata laju pelayanan lebih besar dari rata-rata kedatangan

Kedatangan tiap kendaraan dilambangkan dengan simbol μ dan tingkat pelayanan/jumlah kendaraan yang dapat terlayani oleh satu *server* dalam satuan waktu tertentu diasumsikan berdistribusi eksponensial, dilambangkan dengan simbol λ . Dan

waktu pelayanan (T) merupakan waktu yang diperlukan satu gardu tol untuk dapat melayani satu kendaraan yang dapat diperoleh melalui :

$$WP = \frac{1}{\mu} \quad (2.7)$$

Selain itu dapat ditentukan pula perbandingan antara waktu kedatangan dengan tingkat pelayanan, dengan syarat bahwa nilai perbandingan harus kurang dari 1.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.8)$$

Dimana :

ρ = perbandingan antara waktu kedatangan dengan tingkat pelayanan

2.9 Model Sebaran Pergerakan

Menurut Tamin (2003), pola pergerakan dalam sistem transportasi sering dijelaskan dalam bentuk arus pergerakan (kendaraan, penumpang, dan barang) yang bergerak dari zona asal ke zona tujuan di dalam daerah tertentu dan selama periode waktu tertentu. Matriks Pergerakan atau Matriks Asal Tujuan (MAT) sering digunakan oleh perencana transportasi untuk menggambarkan pola pergerakan tersebut.

Berbagai usaha dilakukan untuk mendapatkan MAT dan terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Hadirnya beberapa metode yang tidak begitu mahal pelaksanaannya dirasakan sangat berguna karena MAT sangat sering dipakai dalam berbagai kajian transportasi. Contohnya, MAT dapat digunakan untuk :

- Pemodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah pedalaman atau antarkot
- Pemodelan kebutuhan akan transportasi untuk daerah perkotaan;

- Pemodelan dan perancangan manajemen lalu lintas baik di daerah perkotaan maupun antarkota
- Pemodelan kebutuhan akan transportasi di daerah yang ketersediaan datanya tidak begitu mendukung baik dari sisi kuantitas maupun kualitas (misalnya di negara sedang berkembang)
- Perbaikan data MAT pada masa lalu dan pemeriksaan MAT yang dihasilkan oleh metode lainnya; dan
- Pemodelan kebutuhan akan transportasi antarkota untuk angkutan barang multi-moda.

Matriks yang digunakan untuk mendapatkan matriks asal-tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah matriks *demand and load factor*.

2.10 Sistem Pembayaran pada Gerbang Tol

Gerbang tol memiliki berbagai macam sistem pengumpulan atau pembayaran tol. Ada 2 sistem pembayaran yang hingga saat ini diterapkan di gerbang-gerbang tol Indonesia, seperti Gardu Tol Otomatis (GTO) dan *On Board Unit* (OBU).

2.10.1 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis

Gardu Tol Otomatis (GTO) merupakan sistem pembayaran non-tunai yang menggunakan uang elektronik yang tersimpan didalam kartu. Cara pembayaran menggunakan GTO yaitu kartu yang sudah berisikan uang elektronik disentuh pada mesin GTO pada gardu tol dan palang penghalang akan terbuka. Pemerintah sedang mengoptimalkan penggunaan sistem pembayaran GTO di seluruh gerbang tol Indonesia karena dengan sistem ini transaksi pembayaran tol akan lebih cepat. Gambar 2.5 menunjukkan contoh pembayaran menggunakan GTO.



Gambar 2. 5 Sistem Pembayaran Gardu Tol Otomatis

(Sumber : <https://www.autos.id/2017/05/31/mulai-oktober-2017-semua-tol-pakai-sistem-pembayaran-non-tunai/>)

2.10.2 Sistem Pembayaran *On Board Unit*

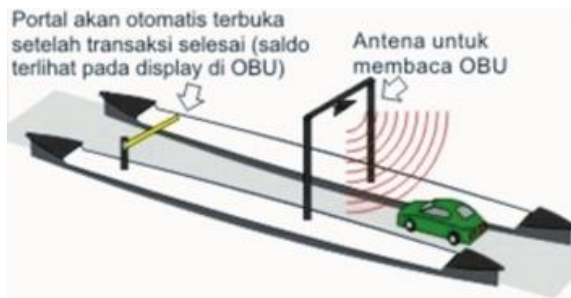
On Board Unit merupakan sistem pembayaran non-tunai yang juga menggunakan uang elektronik yang disimpan didalam kartu. Dalam sistem ini kartu diletakkan dalam alat *transmitter* yang dipasang didalam kendaraan dan berfungsi untuk memancarkan sinyal elektronik yang nantinya akan diterima oleh alat *receiver* yang ada pada Gerbang Tol dan secara otomatis transaksi pembayaran tol dapat dilakukan tanpa harus memberhentikan mobil, membuka kaca, dan menyentuhkan kartu ke mesin. Gambar 2.6 dan 2.7 menunjukkan perangkat OBU dan sistem pembayaran OBU.



Gambar 2. 6 Perangkat On Board Unit

(Sumber : <https://www.tokopedia.com/aayu/e-toll-pass-obu-on-board-unit>)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 2. 7 Cara Sistem Pembayaran On Board Unit

(Sumber : <https://kickdahlan.wordpress.com/2013/02/25/jasa-marga-nantinya-mobil-tak-perlu-berhenti-di-gerbang-tol/>)

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai langkah – langkah yang diambil selama penulisan Tugas Akhir serta bagan aliran penyusunan penulisan Tugas akhir ini. Dengan tujuan, pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan aturan aturan yang berlaku selama pelaksanaan penulisan.

3.2 Uraian Kegiatan

Uraian kegiatan yang digunakan pada tugas akhir ini terdiri dari berbagai tahapan antara lain adalah :

➤ Tahap Identifikasi Masalah

Dalam tahap ini penulis mengamati kondisi lapangan dan permasalahan yang terjadi sampai penulis mengangkat topik perencanaan gerbang tol pada tugas akhir ini. Sehingga yang perlu diidentifikasi antara lain kondisi lapangan jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar.

➤ Tahap Studi Literatur

Dalam tahap ini penulis mencari acuan yang dapat menunjang pelaksanaan penulisan tugas akhir tentang Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar, baik berupa jurnal, informasi – informasi dari internet, dan buku tulis.

➤ Tahap Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penulisan tugas akhir ini terdiri dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Berikut penjelasan tentang data-data yang akan dikumpulkan :

1. **Data Primer**

Data primer dilakukan dengan pengambilan data secara langsung di lapangan berupa metode observasi yaitu pengamatan dan pencatatan secara langsung di lapangan, yaitu Survey Waktu Pelayanan Gerbang Tol di Gerbang Tol Cengkareng dan Cililitan, karena gerbang tol ini memiliki sistem pembayaran On Board Unit.

Survey ini bertujuan untuk mengetahui waktu pelayanan di lapangan dan dibandingkan dengan peraturan yang ada. Survey yang dilakukan meliputi:

- Waktu pelayanan di Gardu Tol Otomatis.
- Waktu pelayanan di Gardu Tol *On Board Unit*

2. **Data Sekunder**

Data sekunder adalah data – data yang didapatkan dari hasil studi yang telah dilaksanakan sebelumnya, yang terdiri dari :

1. Data-data perencanaan gerbang tol (*layout*). Untuk mengetahui titik-titik rencana gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar.
2. Pembebanan Volume Kendaraan. Untuk direncanakan sebagai Matriks Asal-Tujuan

➤ **Tahap Analisis Data**

Dalam tahap ini data diolah dari pengumpulan data yang telah dilakukan untuk menganalisis objek penelitian. Berikut tahapannya:

1. **Analisis Data Lalu Lintas**

Menentukan proporsi kendaraan tiap golongan agar dapat diketahui berapa kendaraan tiap golongan yang keluar dan masuk tol.

2. **Analisis Distribusi Kendaraan**

Menganalisis distribusi kendaraan ke tiap gerbang tol untuk mendapatkan angka kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol.

3. Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang tol

Melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar tiap gerbang tol

4. Analisis Waktu Pelayanan

Menganalisis waktu pelayanan yang telah disurvei sebelumnya menggunakan frekuensi kendaraan yang melintas sehingga mendapatkan frekuensi kumulatif serta presentase.

5. Analisis Tingkat Pelayanan

Menganalisis tingkat pelayanan berdasarkan waktu pelayanan dan tingkat kedatangan kendaraan tiap golongan per gardunya

6. Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan

Untuk mengetahui perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan gardu *On Board Unit*. Analisis meliputi waktu pelayanan, tingkat pelayanan, dan jumlah gardu tol.

7. Analisis Antrian pada Gerbang Tol

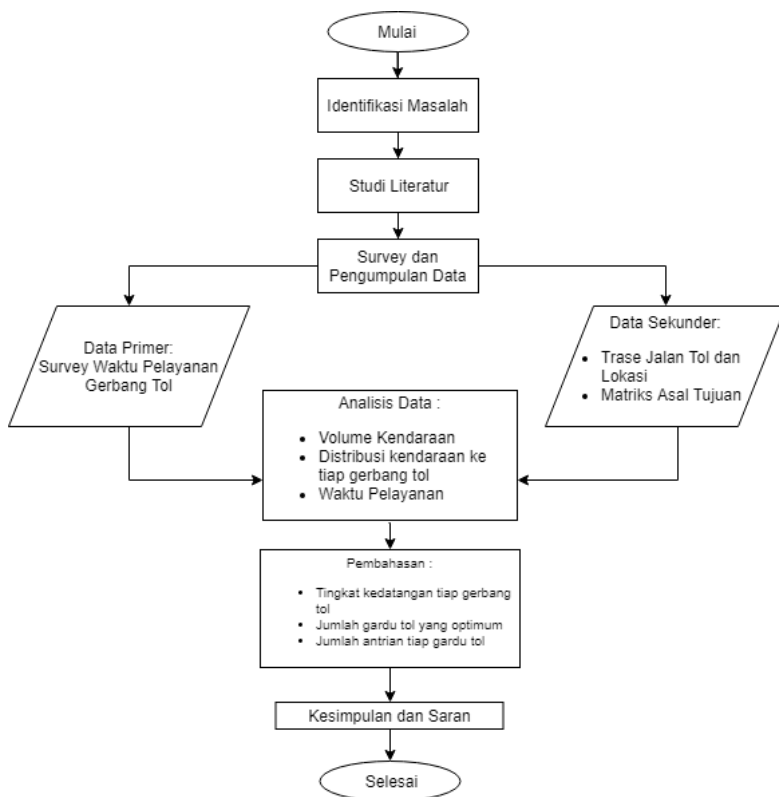
Untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu untuk mengantri dalam gerbang tol. Menggunakan jumlah gardu tol yang sama dengan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan

➤ Kesimpulan

1. Setelah mengolah data – data yang ada, maka akan didapatkan kesimpulan dan saran yang nantinya bisa menjadi acuan ataupun referensi perencanaan gebang tol pada gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar.

3.3 Bagan Alir (*Flowchart*)

Untuk uraian kegiatan dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1** Bagan Diagram Alir (*flowchart*) berikut ini :



Gambar 3. 1 Bagan Diagram Alir (*flowchart*)

BAB IV

PENGUMPULAN DATA

4.1 Umum

Dalam pengerjaan tugas akhir ini diperlukan beberapa data untuk dapat dianalisis. Dalam pengerjaannya, data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang pengambilannya dilakukan secara langsung di lapangan. Data sekunder merupakan data penunjang yang didapat langsung dari berbagai sumber seperti dokumen, buku, tugas akhir terdahulu, maupun data dari instansi terkait.

4.2 Data Primer

4.2.1 Waktu Pelayanan

Dalam perencanaan gerbang tol diperlukan data waktu pelayanan. Data waktu pelayanan untuk perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar didapatkan dari survey waktu pelayan gerbang tol Cengkareng dan Cililitan, dengan data survey gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit* (OBU).

4.2.1.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis

Survey waktu pelayanan gardu tol otomatis di Gerbang Tol Cengkareng dan Cililitan dihitung pada saat pengguna tol menempelkan kartu *e-toll* pada mesin untuk membayar tol sampai mobil meninggalkan gardu dan melewati palang dan palang tertutup kembali.

Jenis Gardu : Otomatis
 Waktu : 12.05 (2 Juni 2018)

Tabel 4. 1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	I	5	1
2	I	4	3
3	I	5	0
4	I	5	1
5	I	6	3
6	I	5	3
7	I	4	4
8	I	4	3
9	I	7	4
10	I	5	1
11	I	6	2
12	I	5	1
13	I	5	4
14	I	5	4
15	I	5	4
16	I	4	4
17	I	5	4
18	I	6	1
19	I	7	2
20	I	5	1
21	I	6	4
22	I	5	2
23	I	7	0
24	I	5	3

Tabel 4.1 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I
(Lanjutan)

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
25	I	5	3
26	I	5	5
27	I	6	0
28	I	7	1
29	I	5	3
30	I	5	2
31	I	3	4
32	I	5	2
33	I	4	1
34	I	4	1
35	I	6	5
36	I	5	5
37	I	4	4
38	I	7	4
39	I	5	1
40	I	5	2
41	I	5	2
42	I	4	2
43	I	6	0
44	I	5	3
45	I	3	5
46	I	3	5
47	I	3	0
48	I	3	1
49	I	4	4
50	I	4	3

(Sumber : Hasil Survey)

Jenis Gardu : Otomatis
 Waktu : 12.05 (2 Juni 2018)

Tabel 4. 2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	II	7	4
2	II	6	0
3	II	6	3
4	II	4	0
5	II	4	0
6	II	8	2
7	II	7	0
8	II	5	3
9	II	3	5
10	II	3	4
11	II	6	4
12	II	5	3
13	II	6	5
14	II	4	2
15	II	5	4
16	II	8	2
17	II	4	2
18	II	5	0
19	II	7	4
20	II	4	3
21	II	5	0
22	II	4	2
23	II	5	2
24	II	3	0

Tabel 4.2 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II
(Lanjutan)

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
25	II	4	3
26	II	5	5
27	II	3	1
28	II	6	1
29	II	5	1
30	II	3	5
31	II	3	2
32	II	5	5
33	II	4	4
34	II	5	0
35	II	3	0
36	II	6	4
37	II	4	2
38	II	3	4
39	II	8	4
40	II	6	5
41	II	8	0
42	II	5	3
43	II	5	4
44	II	7	3
45	II	7	0
46	II	5	4
47	II	6	2
48	II	6	1
49	II	7	5
50	II	5	3

(Sumber : Hasil Survey)

Jenis Gardu : Otomatis
 Waktu : 16.10 (2 Juni 2018)

Tabel 4. 3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	III	7	1
2	III	8	3
3	III	4	2
4	III	4	2
5	III	7	1
6	III	6	0
7	III	7	0
8	III	5	0
9	III	8	3
10	III	5	0
11	III	5	1
12	III	4	0
13	III	4	0
14	III	6	3
15	III	6	0
16	III	4	2
17	III	9	0
18	III	6	2
19	III	5	3
20	III	5	0
21	III	5	3
22	III	7	1
23	III	7	2
24	III	7	2

Tabel 4.3 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III
(Lanjutan)

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
25	III	8	0
26	III	6	0
27	III	5	3
28	III	4	2
29	III	6	1
30	III	5	0
31	III	5	0
32	III	9	1
33	III	8	0
34	III	7	2
35	III	4	0
36	III	5	2
37	III	4	1
38	III	4	0
39	III	5	2
40	III	5	1
41	III	5	3
42	III	5	3
43	III	8	0
44	III	4	0
45	III	5	1
46	III	5	0
47	III	6	3
48	III	5	0
49	III	4	1
50	III	7	1

(Sumber : Hasil Survey)

Jenis Gardu : Otomatis
 Waktu : 16.10 (2 Juni 2018)

Tabel 4. 4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	IV	8	0
2	IV	7	0
3	IV	7	1
4	IV	7	1
5	IV	5	2
6	IV	7	0
7	IV	6	1
8	IV	6	0
9	IV	7	1
10	IV	5	0
11	IV	8	1
12	IV	5	0
13	IV	6	2
14	IV	6	0
15	IV	6	0
16	IV	5	0
17	IV	6	2
18	IV	5	0
19	IV	6	2
20	IV	6	1
21	IV	7	1
22	IV	7	2
23	IV	9	1
24	IV	5	0

Tabel 4.4 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV
Lanjutan)

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
25	IV	5	2
26	IV	7	2
27	IV	5	0
28	IV	5	1
29	IV	5	0
30	IV	5	0
31	IV	6	0
32	IV	5	0
33	IV	8	2
34	IV	6	2
35	IV	7	1
36	IV	8	0
37	IV	5	2
38	IV	8	1
39	IV	6	0
40	IV	6	1
41	IV	6	2
42	IV	6	1
43	IV	7	1
44	IV	8	1
45	IV	8	0
46	IV	7	0
47	IV	6	0
48	IV	6	1
49	IV	8	0
50	IV	6	1

(Sumber : Hasil Survey)

Jenis Gardu : Otomatis
 Waktu : 16.10 (2 Juni 2018)

Tabel 4. 5 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	V	6	0
2	V	6	1
3	V	8	0
4	V	5	0
5	V	6	0
6	V	7	1
7	V	5	1
8	V	7	0
9	V	8	0
10	V	6	0
11	V	8	1
12	V	6	1
13	V	6	0
14	V	8	2
15	V	6	2
16	V	5	1
17	V	6	1
18	V	6	1
19	V	6	2
20	V	5	0
21	V	8	0
22	V	7	0
23	V	7	0
24	V	6	1

Tabel 4.5 Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V
(Lanjutan)

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
25	V	7	0
26	V	8	0
27	V	8	1
28	V	8	0
29	V	5	2
30	V	6	0
31	V	5	1
32	V	5	0
33	V	7	2
34	V	7	2
35	V	6	1
36	V	5	0
37	V	8	0
38	V	6	2
39	V	6	2
40	V	7	0
41	V	8	2
42	V	9	1
43	V	7	0
44	V	5	0
45	V	9	1
46	V	9	0
47	V	8	0
48	V	7	1
49	V	8	1
50	V	8	2

(Sumber : Hasil Survey)

4.2.1.2 Waktu Pelayanan *On Board Unit* (OBU)

Survey waktu pelayanan gardu tol *On Board Unit* di Gerbang Tol Cililitan dihitung pada saat pengguna tol memperlambat kecepatan mobil agar sinyal *transmitter* dapat terbaca oleh *receiver* untuk membayar tol hingga melewati palang dan palang tertutup kembali.

Jenis Gardu : *On Board Unit*
Waktu : 15.25 (2 Juni 2018)

Tabel 4. 6 Waktu Pelayanan *On Board Unit* (OBU)

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
1	I	4	1
2	I	5	0
3	I	3	0
4	I	4	1
5	I	4	0
6	I	4	1
7	I	3	0
8	I	3	1
9	I	4	1
10	I	4	0
11	I	3	0
12	I	3	0
13	I	4	0
14	I	4	0
15	I	4	1
16	I	5	0
17	I	4	1
18	I	3	1

Tabel 4.6 Waktu Pelayanan *On Board Unit* (OBU)
(Lanjutan)

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
19	I	4	0
20	I	4	0
21	I	5	0
22	I	4	1
23	I	5	0
24	I	4	1
25	I	4	1
26	I	4	1
27	I	5	0
28	I	3	0
29	I	3	0
30	I	3	0
31	I	3	0
32	I	5	0
33	I	3	0
34	I	4	0
35	I	3	0
36	I	3	0
37	I	5	1
38	I	4	0
39	I	5	0
40	I	4	1
41	I	5	1
42	I	4	0
43	I	4	0
44	I	4	0

**Tabel 4.6 Waktu Pelayanan On Board Unit (OBU)
(Lanjutan)**

No.	Golongan	Waktu Pelayanan (detik)	Jumlah Antrian (kend.)
45	I	5	1
46	I	3	1
47	I	3	1
48	I	3	1
49	I	5	0
50	I	4	1

(Sumber : Hasil Survey)

4.3 Data Sekunder

Data yang didapatkan dari PT. Waskita Bumi Wira adalah data lalu lintas, lokasi gerbang tol, dan trase jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar. Data volume lalu lintas jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar dapat dilihat pada tabel 4.7 dan tabel 4.8.

Tabel 4. 7 Data volume lalu lintas jalan tol Krian-Manyar (Kend./hari)

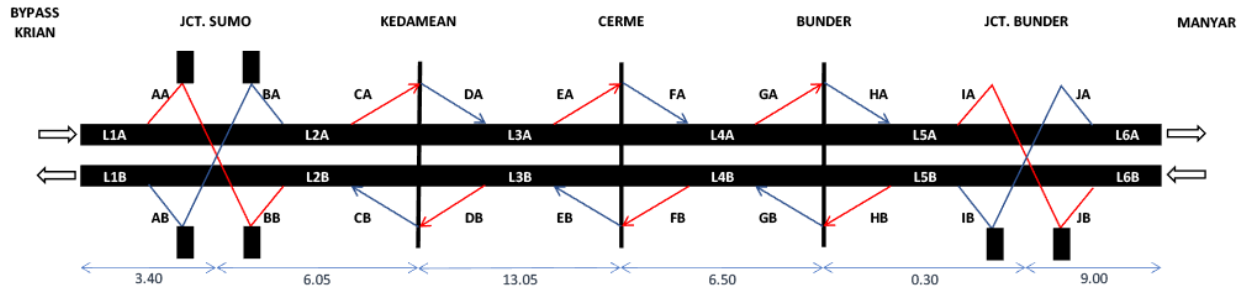
Tahun	L1A	AA	BA	L2A	CA	DA	L3A	EA	FA	L4A	GA	HA	L5A	IA	JA	L6A
2018	6968	1975	1325	6318	587	558	6289	655	591	6225	1709	805	5321			
2019	10172	3062	2265	9375	1097	1035	9313	1220	1098	9191	2675	1254	7770	3038	1212	5944
2020	11767	3259	2411	10919	1170	1104	10853	1300	1170	10723	2856	1339	9206	3235	1291	7262
2025	19361	4354	3222	18229	1602	1513	18140	1769	1593	17964	3894	1826	15896	4333	1730	13293
2030	29031	5669	4197	27559	2148	2030	27441	2112	2112	27209	5163	2422	24468	5653	1158	21073
2040	57580	9239	6846	55187	3697	3498	54988	3482	3482	54609	8325	3909	50193	9233	3691	44651
2050	77006	14060	10429	73375	6090	5769	73054	5974	5393	72473	12870	6049	65652	14027	5613	57238
2060	84906	20345	15105	79666	9591	9095	79170	9186	8301	78285	19512	9180	67953	20340	8147	55760

(Sumber : PT. Waskita Bumi Wira, 2018)

Tabel 4. 8 Data volume lalu lintas jalan tol Manyar-Krian (Kend./hari)

Tahun	L1B	AB	BB	L2B	CB	DB	L3B	EB	FB	L4B	GB	HB	L5B	IB	JB	L6B
2018	6506	1971	1300	5835	637	592	5790	648	588	5730	1627	801	4904			
2019	10010	3065	2230	9175	1186	1100	9089	1203	1086	8672	2579	1245	7638	3014	1282	5906
2020	11209	3262	2373	10320	1265	1173	10228	1282	1157	10103	2754	1329	8678	3209	1365	6834
2025	17147	4360	3170	15957	1733	1606	15830	1745	1574	15659	3757	1812	13714	4300	1828	11242
2030	24617	5679	4127	23065	2325	2153	22893	2314	2086	22665	4984	2403	20084	5612	2385	16857
2040	46074	9264	6726	43536	4006	3706	43236	3815	3436	42857	8044	3874	38687	9174	3895	33408
2050	64123	14112	10236	60247	6607	6105	59745	5909	5316	59152	12449	5989	52692	13951	5917	44658
2060	78101	20440	14811	72472	10416	9614	71670	9096	8174	70748	18893	9080	60935	20250	8580	49265

(Sumber : PT. Waskita Bumi Wira, 2018)



Gambar 4. 1 Ilustrasi lalu lintas jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
(Sumber : PT. Waskita Bumi Wira, 2018)

Penjelasan :

1. L1A-L6A adalah kendaraan yang melewati jalan tol arah Krian-Manyar
2. AA, CA, EA, GA, IA adalah kendaraan yang keluar dari tol arah Krian-Manyar
3. BA, DA, FA, HA, JA adalah kendaraan yang masuk ke tol arah Krian-Manyar
4. L1B-L6B adalah kendaraan yang melewati jalan tol arah Manyar-Krian
5. JB, HB, FB, DB, BB adalah kendaraan yang keluar dari tol arah Manyar-Krian
6. IB, GB, EB, CB, AB adalah kendaraan yang masuk ke tol arah Manyar-Krian

BAB V

ANALISIS dan PEMBAHASAN

5.1 Analisis Data Lalu Lintas

5.1.1 Analisis Volume Kendaraan

Data volume lalu lintas jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar pada bab IV merupakan jumlah kendaraan yang keluar dan masuk jalan tol, sehingga harus dilakukan penentuan proporsi kendaraan tiap golongan agar dapat diketahui berapa kendaraan tiap golongan yang keluar dan masuk tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar

Berikut merupakan data proporsi golongan I-V yang diberikan oleh PT. Waskita Bumi Wira.

Tabel 5. 1 Proporsi Golongan Kendaraan I-V

Golongan	Proporsi (%)
I	75.25
II	13.04
III	6.12
IV	3.53
V	2.06

(Sumber : PT. Waskita Bumi Wira)

Contoh Perhitungan :

Jumlah kendaraan yang terdapat pada ruas L1A pada tahun 2019 adalah 10172 kendaraan.

1. Golongan I = $75,25 \% \times 10172$ = 7654 kend.
2. Golongan II = $13.04 \% \times 10172$ = 1326 kend.
3. Golongan III = $6.12 \% \times 10172$ = 623 kend.
4. Golongan IV = $3.53 \% \times 10172$ = 359 kend.
5. Goongan V = $2.06 \% \times 10172$ = 210 kend.

5.1.2 Matriks Asal Tujuan

Data lalu lintas yang sudah dianalisis pada sub-bab 5.1.1 digunakan dalam menentukan matriks asal tujuan. Dalam menentukan matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar digunakan matriks *demand and load factor*.

Contoh Perhitungan :

Matriks *demand and load factor* untuk Golongan 1 arah Krian-Manyar

Gol 1	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	2304	5350	4724.291	4105.441	2910.537	1772.6526	7654
2	0	0	1704	1504.709	1307.602	927.0195	564.59815	1704
3	0	0	0	779	676.9563	479.9256	292.29706	779
4	0	0	0	0	826	585.7632	356.7571	826
5	0	0	0	0	0	944	574.94004	944
6	0	0	0	0	0	0	912	912
7	0	0	0	0	0	0	0	0
		2304	825	918	2013	2286	4473	
		7654	7054	7008	6916.245	5847.245	4473	
		0.301019	0.116955	0.130993	0.291054	0.390953	0.9999452	
Gol 1	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	2304	626	619	1195	1138	1773	7654
2	0	0	199	197	381	362	565	1704
3	0	0	0	102	197	188	292	779
4	0	0	0	0	240	229	357	826
5	0	0	0	0	0	369	575	944
6	0	0	0	0	0	0	912	912
7	0	0	0	0	0	0	0	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Setelah menganalisis menggunakan metode *demand and load factor* maka dapat ditentukan matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar untuk Golongan I-V. Berikut merupakan matriks asal tujuan tol KLBM untuk tahun 2019.

Tabel 5. 2 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan I

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	2304	626	619	1195	1138	1773
JCT Sumo	2307	0	199	197	381	362	565
Kedamean	675	217	0	102	197	188	292
Cerme	602	193	110	0	240	229	357
Bunder	1135	365	207	235	0	369	575
JCT Bunder	1110	356	202	230	370	0	912
Manyar	1703	547	310	352	567	965	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 3 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan II

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	399	108	107	207	197	307
JCT Sumo	400	0	35	34	66	63	98
Kedamean	117	38	0	18	34	33	51
Cerme	104	34	19	0	42	40	62
Bunder	196	63	36	41	0	64	100
JCT Bunder	192	62	35	40	64	0	158
Manyar	295	95	54	61	98	167	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 4 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan III

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	187	51	51	97	93	144
JCT Sumo	187	0	16	16	31	30	46
Kedamean	55	18	0	8	16	15	24
Cerme	49	16	9	0	20	19	29
Bunder	92	30	17	19	0	30	47
JCT Bunder	90	29	16	19	30	0	74
Manyar	139	44	25	28	46	78	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 5 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan IV

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	108	30	29	56	53	83
JCT Sumo	108	0	9	9	18	17	27
Kedamean	32	10	0	5	9	9	14
Cerme	28	9	5	0	11	11	17
Bunder	53	17	10	11	0	17	27
JCT Bunder	52	17	10	11	17	0	43
Manyar	80	26	15	16	27	45	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 6 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan V

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	63	17	17	33	31	49
JCT Sumo	63	0	6	5	10	10	16
Kedamean	18	6	0	3	5	5	8
Cerme	17	5	3	0	7	6	10
Bunder	31	10	6	6	0	10	16
JCT Bunder	30	10	6	6	10	0	25
Manyar	47	15	9	10	16	26	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.2 Analisis Tingkat Kedatangan (λ)

Matriks asal tujuan yang didapat pada sub-bab 5.1.2 masih merupakan data lalu lintas harian rata-rata. Sehingga matriks asal tujuan tersebut perlu dikalikan dengan nilai faktor k agar dapat menjadi arus jam puncak yang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 No.3. Nilai k yang digunakan sebesar 11%.

Contoh perhitungan dari matriks asal tujuan pada tahun 2019 untuk menjadi arus jam puncak adalah sebagai berikut :

Pada tabel 5.2 jumlah kendaraan Golongan I dari arah Wringin Anom ke JCT Sumo = 2304

Faktor k = 11% = 0.11

Jumlah kendaraan pada jam puncak = $2304 \times 0.11 = 253.44$ kend./jam

Berikut merupakan matriks asal tujuan golongan I-V pada tahun 2019 setelah dikalikan dengan faktor k untuk mendapatkan jumlah kendaraan pada arus jam puncak :

Tabel 5. 7 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019
Golongan I

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	253	69	68	131	125	195
JCT Sumo	24	0	22	22	42	40	62
Kedamean	21	12	0	11	22	21	32
Cerme	66	21	12	0	26	25	39
Bunder	125	40	23	26	0	41	63
JCT Bunder	122	39	22	25	41	0	100
Manyar	187	60	34	39	62	106	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 8 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019
Golongan II

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	44	12	12	23	22	34
JCT Sumo	44	0	4	4	7	7	11
Kedamean	13	4	0	2	4	4	6
Cerme	11	4	2	0	5	4	7
Bunder	22	7	4	5	0	7	11
JCT Bunder	21	7	4	4	7	0	17
Manyar	32	10	6	7	11	18	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 9 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019
Golongan III

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	21	6	6	11	10	16
JCT Sumo	21	0	2	2	3	3	5
Kedamean	6	2	0	1	2	2	3
Cerme	5	2	1	0	2	2	3
Bunder	10	3	2	2	0	3	5
JCT Bunder	10	3	2	2	3	0	8
Manyar	15	5	3	3	5	9	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 10 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019
Golongan IV

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	12	3	3	6	6	9
JCT Sumo	12	0	1	1	2	2	3
Kedamean	4	1	0	1	1	1	2
Cerme	3	1	1	0	1	1	2
Bunder	6	2	1	1	0	2	3
JCT Bunder	6	2	1	1	2	0	5
Manyar	9	3	2	2	3	5	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 11 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2019
Golongan V

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	7	2	2	4	3	5
JCT Sumo	7	0	1	1	1	1	2
Kedamean	2	1	0	0	1	1	1
Cerme	2	1	0	0	1	1	1
Bunder	3	1	1	1	0	1	2
JCT Bunder	3	1	1	1	1	0	3
Manyar	5	2	1	1	2	3	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.2.1 Analisis Distribusi Kendaraan

Setelah didapatkan matriks arus jam puncak, selanjutnya dilakukan analisis distribusi kendaraan ke gerbang tol untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Krian – Manyar. Distribusi kendaraan ini dilakukan dengan cara memasukkan jumlah kendaraan yang didapat dari matriks arus jam puncak pada perhitungan sebelumnya

Contoh perhitungan analisis :

Pada tabel 5.7 jumlah kendaraan di Wringin Anom yang menuju JCT Sumo berjumlah 253 kendaraan. Dapat diartikan bahwa 253 kendaraan memasuki Wringin Anom dan 253 kendaraan keluar di JCT Sumo.

Berikut merupakan merupakan contoh tabel distribusi kendaraan ke gerbang tol :

**Tabel 5. 12 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol
Golongan I**

Zona		WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
WA	JCT Sumo	253	253					
WA	Kedamean	69		69				
WA	Cerme	68			68			
WA	Bunder	131				131		
WA	JCT Bunder	125					125	
WA	Manyar	195						195
JCT Sumo	Kedamean		22	22				
JCT Sumo	Cerme		22		22			
JCT Sumo	Bunder		42			42		
JCT Sumo	JCT Bunder		40				40	
JCT Sumo	Manyar		62					62
JCT Sumo	WA	24	24					
Kedamean	Cerme			11	11			
Kedamean	Bunder			22		22		
Kedamean	JCT Bunder			21			21	
Kedamean	Manyar			32				32
Kedamean	WA	21		21				
Kedamean	JCT Sumo		12	12				
Cerme	Bunder				26	26		
Cerme	JCT Bunder				25		25	
Cerme	Manyar				39			39
Cerme	WA	66			66			
Cerme	JCT Sumo		21		21			
Cerme	Kedamean			12	12			
Bunder	JCT Bunder					41	41	
Bunder	Manyar							63
Bunder	WA	125				125		
Bunder	JCT Sumo		40			40		
Bunder	Kedamean			23		23		
Bunder	Cerme				26	46		
JCT Bunder	Manyar						100	100
JCT Bunder	WA	122					122	
JCT Bunder	JCT Sumo		39				39	
JCT Bunder	Kedamean			22			22	
JCT Bunder	Cerme				25		25	
JCT Bunder	Bunder					41	41	
Manyar	WA	187						187
Manyar	JCT Sumo		60					60
Manyar	Kedamean			34				34
Manyar	Cerme				39			39
Manyar	Bunder					62		62
Manyar	JCT Bunder						106	106

G
o
l
o
n
g
a
n

I

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.2.2 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang

Jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dan keluar dari tiap gerbang tol.

Contoh perhitungan analisis :

Tabel 5.12 terdapat jumlah kendaraan masuk dan keluar pada tiap gerbang tol Krian-Manyar untuk golongan I. Pada gerbang tol Wringin Anom, kendaraan yang masuk $253 + 69 + 68 + 131 + 125 + 195 = 841$ kendaraan dan kendaraan yang keluar $24 + 21 + 66 + 125 + 122 + 187 = 545$ kendaraan. Analisis ini dilakukan kepada tiap golongan kendaraan dan tiap daerah yang melewati Krian-Manyar. Berikut tabel jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol :

Tabel 5. 13 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol KLBM

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang (kend./jam)							
	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar	Jumlah Kendaraan
1	841	212	119	189	338	349	488	2536
2	147	77	33	33	56	60	84	490
3	70	36	16	15	25	28	40	230
4	39	21	10	9	15	17	24	135
5	23	13	6	6	9	10	14	81
Total	1120	359	184	252	443	464	650	3472

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 14 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol KLBM

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang (kend./jam)							
	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar	Jumlah Kendaraan
1	545	425	182	191	324	358	491	2516
2	143	109	107	34	57	62	86	598
3	67	36	16	16	26	29	40	230
4	40	21	9	9	15	17	24	135
5	22	13	6	6	10	10	14	81
Total	817	604	320	256	432	476	655	3560

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.3 Analisis Waktu Pelayanan

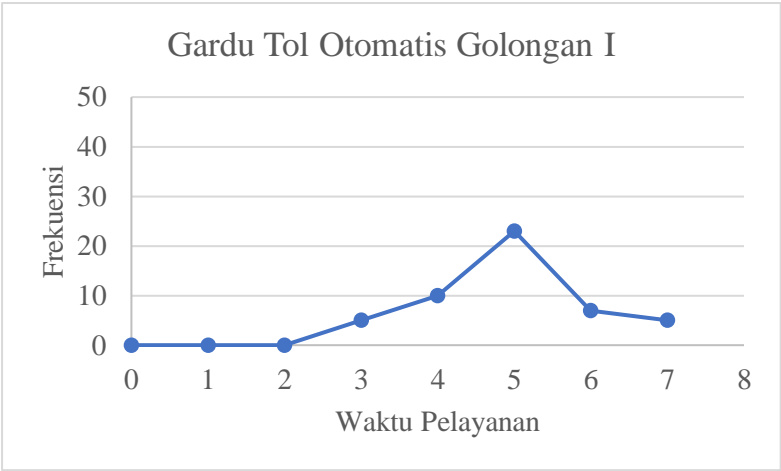
Pada tugas akhir ini akan menganalisis waktu pelayanan pada gardu tol otomatis untuk tiap golongannya dan gardu tol *On Board Unit*. Data waktu pelayanan tiap jenis gardu tol diperoleh dari survei waktu pelayanan di gerbang tol Cengkareng dan Cililitan pada tanggal 2 Juni 2018.

Analisis waktu pelayanan menggunakan frekuensi kendaraan yang melintas sehingga mendapatkan frekuensi kumulatif serta presentase tiap detikanya. Berikut merupakan tabel dari frekuensi gardu tol otomatis tiap golongan dan gardu tol *On Board Unit* berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan.

Tabel 5. 15 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	5	5	10	10
4	10	15	20	30
5	23	38	46	76
6	7	45	14	90
7	5	50	10	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. 1 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan I

Pada tabel 5.17, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.17 :

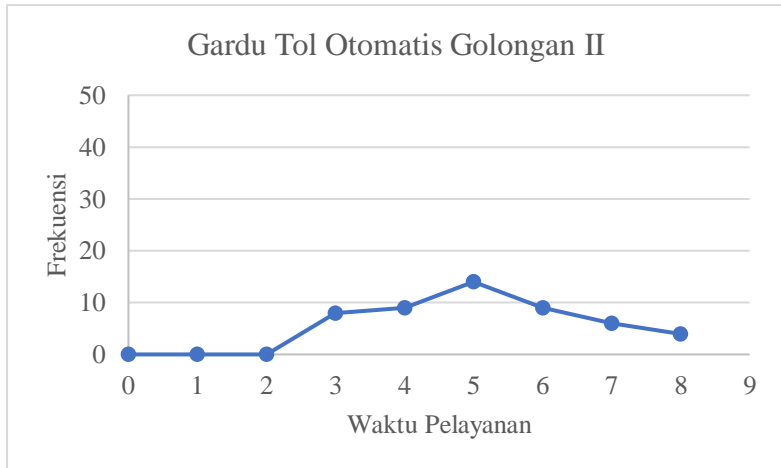
Rata-rata	: 4.94
Median	: 5
Modus	: 5
Presentase Kumulatif	: 50% = 4.3
	: 80% = 5.29
Waktu Pelayanan	: 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 5 detik.

Tabel 5. 16 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	8	8	16	16
4	9	17	18	34
5	14	31	28	62
6	9	40	18	80
7	6	46	12	92
8	4	50	8	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. 2 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan II

Pada tabel 5.18 WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.18 :

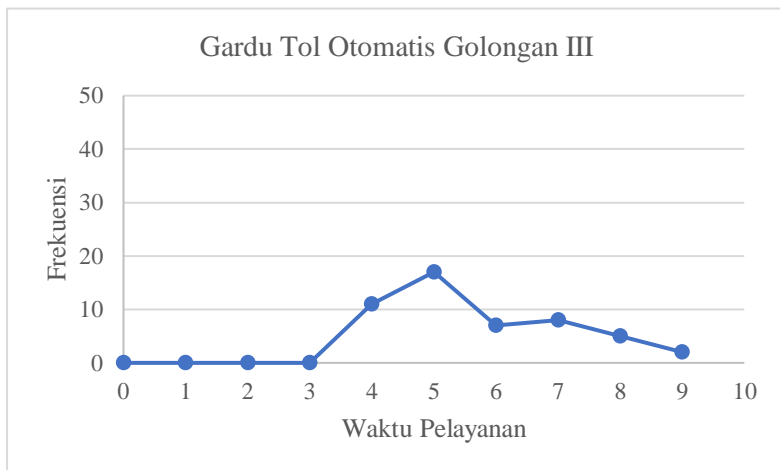
Rata-rata	: 5.16
Median	: 5
Modus	: 5
Presentase Kumulatif	: 50% = 4.57
	: 80% = 6.00
Waktu Pelayanan	: 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan II dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 5 detik.

Tabel 5. 17 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	11	11	22	22
5	17	28	34	56
6	7	35	14	70
7	8	43	16	86
8	5	48	10	96
9	2	50	4	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. 3 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan III

Pada tabel 5.19, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.19 :

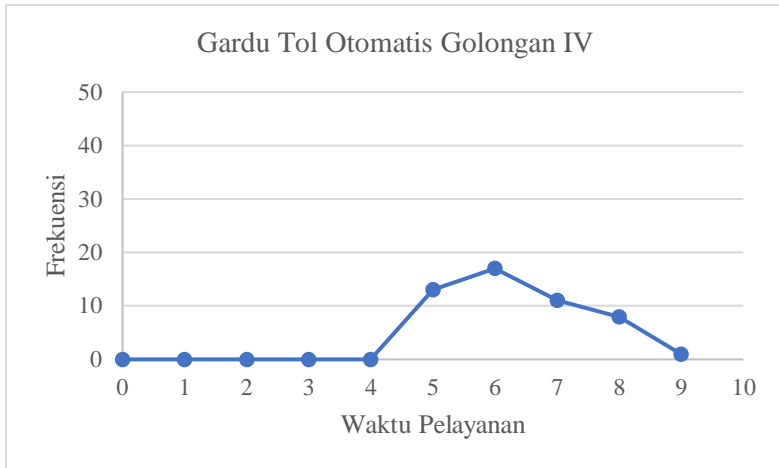
Rata-rata	: 5.7
Median	: 5
Modus	: 5
Presentase Kumulatif	: 50% = 4.82
	: 80% = 6.63
Waktu Pelayanan	: 5

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan III dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 5 detik.

Tabel 5. 18 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	11	11	22	22
5	17	28	34	56
6	7	35	14	70
7	8	43	16	86
8	5	48	10	96
9	2	50	4	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. 4 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan IV

Pada tabel 5.20, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.20 :

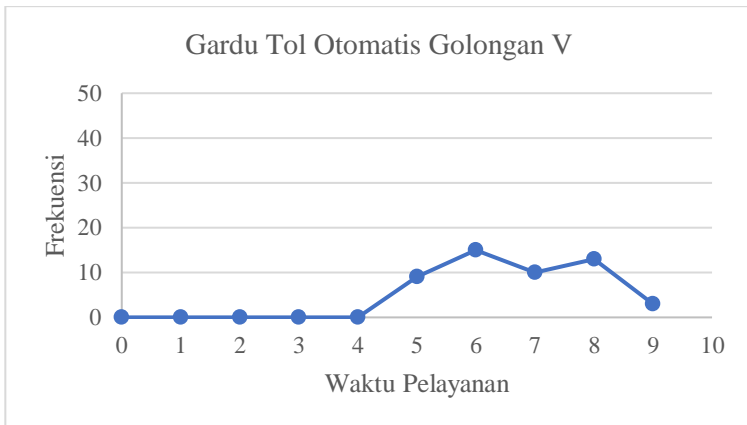
Rata-rata	: 6.34
Median	: 6
Modus	: 6
Presentase Kumulatif	: 50% = 5.71
	: 80% = 6.91
Waktu Pelayanan	: 6

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan IV dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 80%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 6 detik.

Tabel 5. 19 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	9	9	18	18
6	15	24	30	48
7	10	34	20	68
8	13	47	26	94
9	3	50	6	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. 5 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol Otomatis Golongan V

Pada tabel 5.21, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.21 :

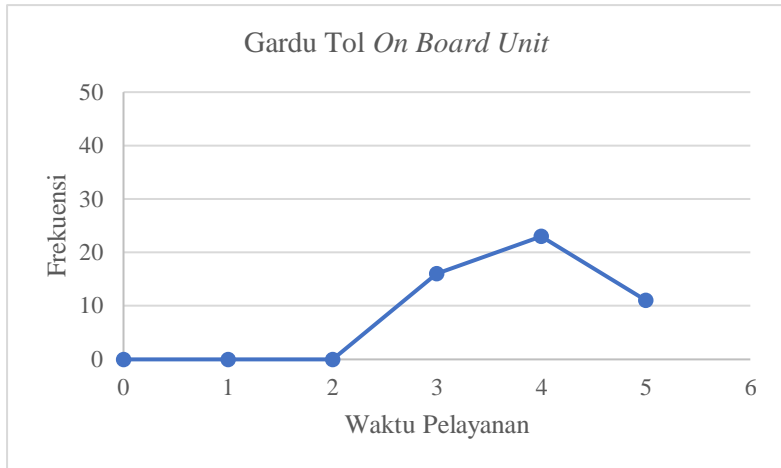
Rata-rata	: 6.72
Median	: 7
Modus	: 6
Presentase Kumulatif	: 50% = 6.10
	: 80% = 7.46
Waktu Pelayanan	: 6

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan V dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai presentase kumulatif 50%. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 6 detik.

Tabel 5. 20 Frekuensi Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit

WP	Frekuensi	Frekuensi kumulatif	Presentase	Presentase Kumulatif
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	16	16	32	32
4	23	39	46	78
5	11	50	22	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5. 6 Grafik Frekuensi dan Waktu Pelayanan Gardu Tol On Board Unit

Pada tabel 5.22, WP adalah waktu pelayanan, dan berikut penjelasan dari tabel 5.22 :

Rata-rata	: 3.9
Median	: 4
Modus	: 4
Presentase Kumulatif	: 50% = 3.39
	: 80% = 4.09
Waktu Pelayanan	: 4

Dalam menentukan waktu pelayanan untuk golongan 1 OBU dilihat dari nilai rata-rata, presentase kumulatif 50% dan presentase kumulatif 80%. Untuk menentukannya, diperiksa dengan nilai median dan modus. Maka dari itu nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus adalah nilai rata-rata. Sehingga waktu pelayanan yang dipakai adalah 4 detik.

5.4 Analisis Tingkat Pelayanan (μ)

Pada perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar memerlukan tingkat pelayanan untuk keseluruhan gardu tol yang direncanakan pada tiap gerbang. Analisis tingkat pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Berikut merupakan contoh perhitungan tingkat pelayanan untuk Gerbang Wringin Anom pada GTO Masuk yang dapat dilalui semua golongan kendaraan pada tahun 2019 :

Waktu Pelayanan :

- | | | |
|-----------------|--------------------------------|-------|
| 1. Golongan I | = 5 detik \rightarrow 3600/5 | = 720 |
| 2. Golongan II | = 5 detik \rightarrow 3600/5 | = 720 |
| 3. Golongan III | = 5 detik \rightarrow 3600/5 | = 720 |
| 4. Golongan IV | = 6 detik \rightarrow 3600/6 | = 600 |
| 5. Golongan V | = 6 detik \rightarrow 3600/6 | = 600 |

Tingkat Kedatangan :

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. Golongan I | = 210 kend/jam |
| 2. Golongan II | = 147 kend/jam |
| 3. Golongan III | = 70 kend/jam |
| 4. Golongan IV | = 39 kend/jam |
| 5. Golongan V | = 23 kend/jam |

$$\mu = \frac{(210 \times 720) + (147 \times 720) + (70 \times 720) + (39 \times 600) + (23 \times 600)}{210 + 147 + 70 + 39 + 23}$$

$$= 528 \text{ kend/jam}$$

Berikut merupakan tabel Tingkat Pelayanan untuk tiap gerbang tol tahun 2019 :

Tabel 5. 21 Tingkat Pelayanan Gerbang Tol KLBM 2019

Gerbang Tol	Gardu		μ (kend/jam)
Wringin Anom	GTO	Masuk	530
		Keluar	498
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Kedamean	GTO	Masuk	497
		Keluar	609
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Cerme	GTO	Masuk	542
		Keluar	539
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Bunder	GTO	Masuk	544
		Keluar	536
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Manyar	GTO	Masuk	529
		Keluar	531
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.5 Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan (ρ)

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit*. Untuk menganalisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan gardu tol otomatis dan *On Board Unit* digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survey yang telah dilakukan. Gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar direncanakan menggunakan sistem gerbang tol tertutup.

Sebelum menganalisis, diasumsikan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Tabel 5. 22 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang

Gerbang Tol	Gardu		N
Wringin Anom	GTO	Masuk	2
		Keluar	2
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Kedamean	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1

Tabel 5.22 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang (lanjutan)

Gerbang Tol	Gardu		N
Cerme	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Bunder	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Manyar	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1

5.5.1 Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan Gerbang Tol

Perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar menggunakan gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit*. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 50% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 25% masuk ke gardu tol otomatis dan 25% masuk ke gardu tol *On Board Unit*. Sedangkan kendaraan golongan II – golongan V hanya masuk ke gardu tol otomatis.

Berikut merupakan contoh analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Wringin Anom tahun 2019 :

Data jumlah kendaraan yang masuk gerbang tol Wringin Anom dari Tabel 5.13

	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang (kend./jam)				
	Wringin Anom				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend. (λ)	841	147	70	39	23

λ_1 GTO khusus Gol. I : $841 \times 50\% = 421 \text{ kend}$

λ_2 gardu tol otomatis : $(842 \times 25\%) + (147 + 70 + 39 + 23) = 489 \text{ kend.}$

λ_3 gardu On Board Unit : $841 \times 25\% = 210 \text{ kend.}$

Data waktu pelayanan arah masuk gerbang tol Wringin Anom dari Tabel 5.21

Gerbang Tol	Gardu	μ (kend./jam)	
Wringin Anom	GTO	Masuk	530
	GTO Khusus	Masuk	720
	OBU	Masuk	900

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 2 gardu

Jumlah gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 421 kend./jam

λ_2 gardu tol otomatis : 489 kend./jam

λ_3 gardu On Board Unit	: 210 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 530 kend./jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend./jam

• **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{421/1}{720}$$

$$\rho_1 = 0.584 < 1 \text{ (OK)}$$

• **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{489/2}{530}$$

$$\rho_2 = 0.462 < 1 \text{ (OK)}$$

• **Gardu tol *On Board Unit* :**

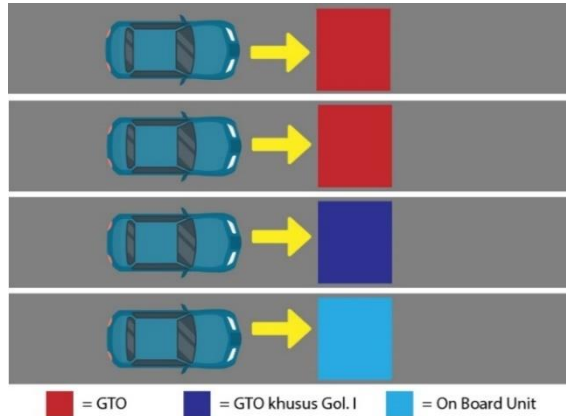
$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_3}$$

$$\rho_3 = \frac{210/1}{900}$$

$$\rho_3 = 0.234 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada

gerbang tol Wringin Anom arah masuk aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 2 gardu, gardu tol otomatis khusus gol. I terdapat 1 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.



Gambar 5. 7 Ilustrasi Gardu Tol arah Masuk

Data jumlah kendaraan yang keluar gerbang tol Wringin Anom dari Tabel 5.14

	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang (kend./jam)				
	Wringin Anom				
Golongan	I	II	III	IV	V
Jumlah kend. (λ)	545	143	67	40	22

$$\lambda_1 \text{ GTO khusus Gol. I} : 545 \times 50\% = 273 \text{ kend}$$

$$\lambda_2 \text{ gardu tol otomatis} : (545 \times 25\%) + (143 + 67 + 40 + 22) = 588 \text{ kend.}$$

$$\lambda_3 \text{ gardu On Board Unit} : 841 \times 22\% = 136 \text{ kend.}$$

Data waktu pelayanan arah masuk gerbang tol Wringin Anom dari Tabel 5.21

Gerbang Tol	Gardu	μ (kend./jam)	
Wringin Anom	GTO	Keluar	530
	GTO Khusus	Keluar	720
	OBU	Keluar	900

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 2 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 273 kend./jam

λ_2 gardu tol otomatis : 588 kend./jam

λ_3 gardu *On Board Unit* : 136 kend./jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend./jam

μ_2 gardu tol otomatis : 498 kend./jam

μ_3 gardu *On Board Unit* : 900 kend./jam

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{273/1}{720}$$

$$\rho_1 = 0.378 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{508/2}{498}$$

$$\rho_2 = 0.410 < 1 \text{ (OK)}$$

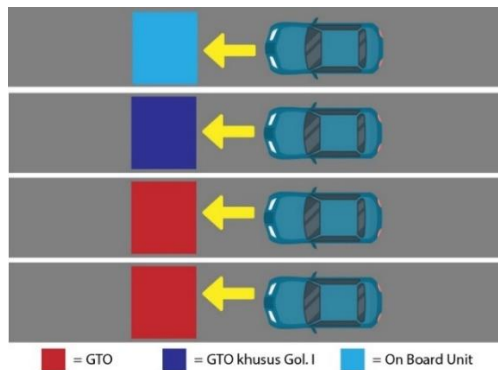
- **Gardu tol *On Board Unit* :**

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_2}$$

$$\rho_3 = \frac{136/1}{900}$$

$$\rho_3 = 0.151 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Wringin Anom arah keluar aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 2 gardu, gardu tol otomatis khusus gol. I terdapat 1 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.



Gambar 5. 8 Ilustrasi Gardu Tol arah Keluar

Berikut merupakan tabel hasil Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk tiap gerbang tol :

Tabel 5. 23 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol KLBM
Tahun 2019

Gerbang Tol	Gardu		N	λ	μ	ρ
Wringin Anom	GTO	Masuk	2	489	530	0.462
		Keluar	2	408	498	0.410
	GTO Khusus	Masuk	1	421	720	0.584
		Keluar	1	273	720	0.378
	OBU	Masuk	1	210	900	0.234
		Keluar	1	136	900	0.151
Kedamean	GTO	Masuk	1	95	497	0.190
		Keluar	1	184	609	0.301
	GTO Khusus	Masuk	1	60	720	0.083
		Keluar	1	91	720	0.126
	OBU	Masuk	1	30	900	0.033
		Keluar	1	46	900	0.051

Tabel 5.22 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol KLBM
Tahun 2019 (Lanjutan)

Gerbang Tol	Gardu		N	λ	μ	ρ
Cerme	GTO	Masuk	1	110	542	0.204
		Keluar	1	113	539	0.209
	GTO Khusus	Masuk	1	95	720	0.131
		Keluar	1	96	720	0.133
	OBU	Masuk	1	47	900	0.053
		Keluar	1	48	900	0.053
Bunder	GTO	Masuk	1	190	544	0.348
		Keluar	1	189	536	0.353

	GTO Khusus	Masuk	1	169	720	0.235
		Keluar	1	162	720	0.225
	OBU	Masuk	1	85	900	0.094
		Keluar	1	81	900	0.090
Manyar	GTO	Masuk	1	284	529	0.537
		Keluar	1	287	531	0.540
	GTO Khusus	Masuk	1	244	720	0.339
		Keluar	1	246	720	0.341
	OBU	Masuk	1	122	900	0.136
		Keluar	1	123	900	0.136

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dikarenakan ρ yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol KLBM arah masuk dan keluar aman.

5.6 Analisis Antrian pada Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Berikut merupakan contoh analisis antrian gerbang tol Wringin Anom pada tahun 2019 :

Analisis Antrian Gerbang Tol Wringin Anom

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 2 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ 1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 421 kend./jam

$\lambda 2$ gardu tol otomatis	: 489 kend./jam
$\lambda 3$ gardu On Board Unit	: 210 kend./jam
$\mu 1$ gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend./jam
$\mu 2$ gardu tol otomatis	: 530 kend./jam
$\mu 3$ gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend./jam
$\rho 1$: 0.584
$\rho 2$: 0.462
$\rho 3$: 0.234

• **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.584}{1-0.584} = 1.404 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.584^2}{1-0.584} = 0.82 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{720 - 421/1} \times 3600 = 12.02 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 12.02 - \frac{1}{720} \times 3600 = 7.02 \text{ detik}$$

• **Gardu tol otomatis :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.462}{1-0.462} = 0.8573 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.462^2}{1-0.462} = 0.3957 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{530 - 598/2} \times 3600 = 12.61 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 12.61 - \frac{1}{530} \times 3600 = 5.82 \text{ detik}$$

- **Gardu tol *On Board Unit* :**

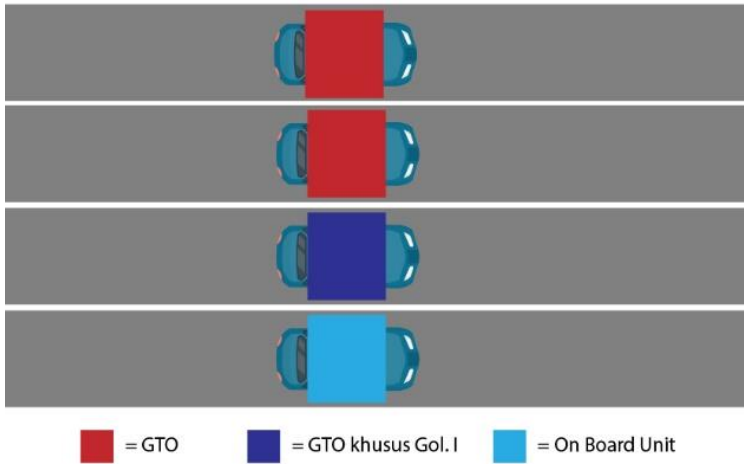
$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.234}{1-0.234} = 0.3048 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.234^2}{1-0.234} = 0.0712 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{900 - 210/1} \times 3600 = 5.22 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 5.219 - \frac{1}{900} \times 3600 = 1.22 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah masuk terdapat 1 kendaraan tiap jenis gardunya.



ket: 1 kendaraan sedang dilayani

Gambar 5. 9 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah masuk **Gardu Tol Keluar**

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I : 1 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 2 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 273 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 408 kend./jam
λ_3 gardu On Board Unit	: 136 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 498 kend./jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend./jam
ρ_1	: 0.378
ρ_2	: 0.410
ρ_3	: 0.151

• **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.378}{1-0.378} = 0.6089 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.467^2}{1-0.467} = 0.23046 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{720 - 273/1} \times 3600 = 8.04 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 7.5 - \frac{1}{720} \times 3600 = 3.04 \text{ detik}$$

• **Gardu tol otomatis :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.410}{1-0.410} = 0.6957 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.410^2}{1-0.410} = 0.2854 \approx 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{498 - 598/2} \times 3600 = 12.27 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 12.07 - \frac{1}{498} \times 3600 = 5.03 \text{ detik}$$

- **Gardu tol *On Board Unit* :**

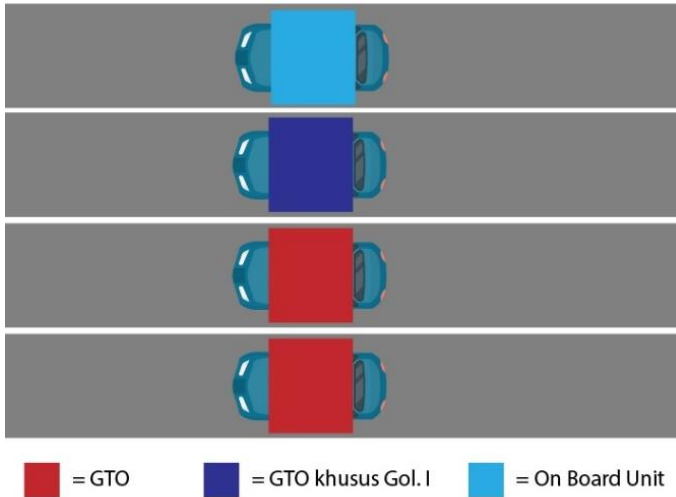
$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.151}{1-0.151} = 0.1784 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.234^2}{1-0.234} = 0.027 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{900 - 136/1} \times 3600 = 4.71 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 4.71 - \frac{1}{900} \times 3600 = 0.71 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah masuk terdapat 1 kendaraan tiap jenis gardunya.



ket: 1 kendaraan sedang dilayani

Gambar 5. 10 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah keluar

Berikut merupakan tabel hasil analisis antrian untuk tiap gerbang tol :

Tabel 5. 24 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol KLBM
Tahun 2019

Gerbang Tol	Gardu		\bar{n} (kend)	\bar{q} (kend)	\bar{d} (dtk)	\bar{w} (dtk)
Wringin Anom	GTO	Masuk	1	1	12.61	5.82
		Keluar	1	1	12.27	5.03
	GTO Khusus	Masuk	1	1	12.02	7.02
		Keluar	1	1	8.04	3.04
	OBU	Masuk	1	1	5.21	1.21
		Keluar	1	1	4.71	0.71
Kedamean	GTO	Masuk	1	1	8.93	1.70
		Keluar	1	1	8.46	2.54
	GTO Khusus	Masuk	1	1	5.45	0.45
		Keluar	1	1	5.72	0.72
	OBU	Masuk	1	1	4.13	0.13
		Keluar	1	1	4.21	0.21
Cerme	GTO	Masuk	1	1	8.34	1.69
		Keluar	1	1	8.43	1.76
	GTO Khusus	Masuk	1	1	5.75	0.75
		Keluar	1	1	5.76	0.76
	OBU	Masuk	1	1	4.22	0.22
		Keluar	1	1	4.22	0.22
Bunder	GTO	Masuk	1	1	10.14	3.53
		Keluar	1	1	10.37	3.65
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.53	1.53
		Keluar	1	1	6.45	1.45
	OBU	Masuk	1	1	4.41	0.41
		Keluar	1	1	4.39	0.39

Tabel 5.23 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol KLBM
Tahun 2019 (Lanjutan)

Gerbang Tol	Gardu		\bar{n} (kend)	\bar{q} (kend)	\bar{d} (dtk)	\bar{w} (dtk)
Manyar	GTO	Masuk	1	1	14.67	7.87
		Keluar	1	1	14.73	7.95
	GTO Khusus	Masuk	1	1	7.56	2.56
		Keluar	1	1	7.58	2.58
	OBU	Masuk	1	1	4.62	0.62
		Keluar	1	1	4.63	0.63

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.7 Perencanaan Gerbang Tol KLBM tahun 2030

Perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar pada tahun 2030 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat setelah adanya peningkatan pertumbuhan jumlah kendaraan dari perencanaan sebelumnya yaitu tahun 2019. Data yang digunakan dalam perencanaan ini sama dengan data-data yang digunakan pada perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar pada tahun 2019, yaitu data lalu lintas. Data lalu lintas pada tahun 2030 didapatkan dari PT. Waskita Bumi Wira yang dapat dilihat pada tabel 4.7 dan tabel 4.8. Setelah itu dilakukan tahap yang sama pada perencanaan sebelumnya, yaitu membuat matriks asal tujuan dengan metode *demand and load factor*. Berikut merupakan matriks asal tujuan tol KLBM tahun 2030 :

Tabel 5. 25 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan I

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	4266	1370	1385	2813	2775	9237
JCT Sumo	4273	0	246	249	505	499	1659
Kedamean	1437	313	0	131	265	262	871
Cerme	1295	282	164	0	302	297	990
Bunder	2533	552	320	345	0	421	1402
JCT Bunder	2511	547	317	342	505	0	1699
Manyar	6475	1411	819	883	1303	1795	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 26 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan II

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	739	237	240	487	481	1601
JCT Sumo	741	0	43	43	87	86	287
Kedamean	249	54	0	23	46	45	151
Cerme	225	49	28	0	52	51	171
Bunder	439	96	56	60	0	73	243
JCT Bunder	435	95	55	59	87	0	294
Manyar	1122	244	142	153	226	311	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 27 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan III

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	347	111	112	229	226	752
JCT Sumo	348	0	20	20	41	41	135
Kedamean	117	25	0	11	22	21	71
Cerme	106	23	13	0	24	24	80
Bunder	206	45	26	28	0	34	114
JCT Bunder	204	45	26	28	41	0	138
Manyar	527	115	67	72	106	146	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 28 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan IV

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	200	64	65	132	130	433
JCT Sumo	200	0	12	12	24	23	78
Kedamean	67	15	0	6	12	12	41
Cerme	61	13	8	0	14	14	47
Bunder	119	26	15	16	0	20	65
JCT Bunder	118	26	15	16	24	0	80
Manyar	304	66	38	42	61	84	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 29 Matriks asal tujuan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
Golongan V

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	117	38	38	77	76	253
JCT Sumo	117	0	7	7	14	14	45
Kedamean	39	9	0	4	7	7	24
Cerme	36	8	4	0	8	8	27
Bunder	70	15	9	9	0	12	38
JCT Bunder	69	15	9	9	14	0	47
Manyar	177	39	22	24	36	49	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.7.1 Analisis Tingkat Kedatangan

Setelah mendapatkan matriks asal tujuan tol tol KLBM, dilakukan kembali tahap yang sama yaitu mengkalikan dengan faktor k agar dapat menjadi arus jam puncak yang mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 No.3. Nilai k yang digunakan sebesar 11%. Berikut merupakan matriks asal tujuan pada tahun 2030 setelah dikalikan dengan faktor k :

Tabel 5. 30 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030
Golongan I

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	469	151	152	309	305	1016
JCT Sumo	470	0	27	27	56	55	183
Kedamean	158	34	0	14	29	29	96
Cerme	142	31	18	0	33	33	109
Bunder	279	61	35	38	0	46	154
JCT Bunder	276	60	35	38	56	0	187
Manyar	712	155	90	97	143	197	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 31 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030
Golongan II

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	81	26	26	54	53	176
JCT Sumo	82	0	5	5	10	9	32
Kedamean	27	6	0	2	5	5	17
Cerme	25	5	3	0	6	6	19
Bunder	48	11	6	7	0	8	27
JCT Bunder	48	10	6	6	10	0	32
Manyar	123	27	16	17	25	34	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 32 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030
Golongan III

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	38	12	12	25	25	83
JCT Sumo	38	0	2	2	5	5	15
Kedamean	13	3	0	1	2	2	8
Cerme	12	3	1	0	3	3	9
Bunder	23	5	3	3	0	4	13
JCT Bunder	22	5	3	3	5	0	15
Manyar	58	13	7	8	12	16	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 33 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030
Golongan IV

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	22	7	7	15	14	48
JCT Sumo	22	0	1	1	3	3	9
Kedamean	7	2	0	1	1	1	5
Cerme	7	1	1	0	2	2	5
Bunder	13	3	2	2	0	2	7
JCT Bunder	13	3	2	2	3	0	9
Manyar	33	7	4	5	7	9	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 34 Matriks asal tujuan arus jam puncak tol KLBM tahun 2030
Golongan V

	Wringin Anom	JCT Sumo	Kedameam	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
Wringin Anom	0	13	4	4	8	8	28
JCT Sumo	13	0	1	1	2	2	5
Kedamean	4	1	0	0	1	1	3
Cerme	4	1	0	0	1	1	3
Bunder	8	2	1	1	0	1	4
JCT Bunder	8	2	1	1	2	0	5
Manyar	19	4	2	3	4	5	0

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.7.2 Analisis Distribusi Kendaraan

Setelah didapatkan matriks arus jam puncak, selanjutnya dilakukan analisis distribusi kendaraan ke gerbang tol untuk mendapatkan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Krian – Manyar. Distribusi kendaraan ini dilakukan dengan cara memasukkan jumlah kendaraan yang didapat dari matriks arus jam puncak pada perhitungan sebelumnya.

Berikut merupakan merupakan contoh tabel distribusi kendaraan ke gerbang tol :

Tabel 5. 35 Distribusi Kendaraan ke Gerbang Tol tahun 2030
Golongan I

Zona	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar	Golongan I
WA	JCT Sumo	469	469					
WA	Kedamean	151		151				
WA	Cerme	152		152				
WA	Bunder	309			309			
WA	JCT Bunder	305				305		
WA	Manyar	1016					1016	
JCT Sumo	Kedamean		27	27				
JCT Sumo	Cerme		27	27				
JCT Sumo	Bunder		56		56			
JCT Sumo	JCT Bunder		55			55		
JCT Sumo	Manyar		183				183	
JCT Sumo	WA	470	470					
Kedamean	Cerme			14	14			
Kedamean	Bunder			29	29			
Kedamean	JCT Bunder			29		29		
Kedamean	Manyar			96			96	
Kedamean	WA	158		158				
Kedamean	JCT Sumo		34	34				
Cerme	Bunder				33	33		
Cerme	JCT Bunder				33	33		
Cerme	Manyar				109		109	
Cerme	WA	142			142			
Cerme	JCT Sumo		31	31				
Cerme	Kedamean			18	18			
Bunder	JCT Bunder					46	46	
Bunder	Manyar					154	154	
Bunder	WA	279				279		
Bunder	JCT Sumo		60			60		
Bunder	Kedamean			35		35		
Bunder	Cerme				38	38		
JCT Bunder	Manyar						187	
JCT Bunder	WA	276					276	
JCT Bunder	JCT Sumo		60				60	
JCT Bunder	Kedamean			35			35	
JCT Bunder	Cerme				38		38	
JCT Bunder	Bunder					41	41	
Manyar	WA	712					712	
Manyar	JCT Sumo		155				155	
Manyar	Kedamean			90			90	
Manyar	Cerme				97		97	
Manyar	Bunder					143	143	
Manyar	JCT Bunder						197	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.7.3 Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang

Jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol didapat dengan cara melakukan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dan keluar dari tiap gerbang tol.

Berikut tabel jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol pada tahun 2030:

Tabel 5. 36 Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang Tol KLBM
Tahun 2030

Golongan	Jumlah Kendaraan Masuk Gerbang (kend./jam)							
	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar	Jumlah Kendaraan
1	2402	818	360	366	612	637	1394	6589
2	416	143	62	64	107	112	242	1146
3	195	67	29	31	51	53	114	540
4	113	39	17	18	29	32	65	313
5	65	24	10	10	17	19	37	182
Total	3191	1091	478	489	816	853	1852	8770

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 37 Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang Tol KLBM
Tahun 2030

Golongan	Jumlah Kendaraan Keluar Gerbang (kend./jam)							
	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar	Jumlah Kendaraan
1	545	425	182	191	324	358	491	2516
2	143	109	107	34	57	62	86	598
3	67	36	16	16	26	29	40	230
4	40	21	9	9	15	17	24	135
5	22	13	6	6	10	10	14	81
Total	817	604	320	256	432	476	655	3560

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.7.4 Analisis Tingkat Pelayanan Tahun 2030

Pada perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar memerlukan tingkat pelayanan untuk keseluruhan gardu tol yang direncanakan pada tiap gerbang. Analisis tingkat pelayanan ini menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan yang sudah dianalisis sebelumnya dan tingkat kedatangan dari masing-masing golongan kendaraan pada tiap gerbang.

Berikut merupakan tabel hasil analisis tingkat pelayanan Gerbang Tol KLBK tahun 2030 :

Tabel 5. 38 Hasil Analisis Tingkat Pelayanan Tahun 2030

Gerbang Tol	Gardu		μ (kend/jam)
Wringin Anom	GTO	Masuk	530
		Keluar	498
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Kedamean	GTO	Masuk	497
		Keluar	609
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Cerme	GTO	Masuk	542
		Keluar	539
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900

Tabel 5.37 Hasil Analisis Tingkat Pelayanan Tahun 2030
(Lanjutan)

Gerbang Tol	Gardu		My (kend/jam)
Bunder	GTO	Masuk	544
		Keluar	536
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900
Manyar	GTO	Masuk	529
		Keluar	531
	GTO Khusus	Masuk	720
		Keluar	720
	OBU	Masuk	900
		Keluar	900

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.7.5 Analisis Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Tingkat Kedatangan Tahun 2030

Setelah menganalisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit*. Untuk menganalisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan gardu tol otomatis dan *On Board Unit* digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survey yang telah dilakukan. Gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar direncanakan menggunakan sistem gerbang tol tertutup.

Sebelum menganalisis, diasumsikan terlebih dahulu jumlah gardu tol yang direncanakan dan dikontrol dengan perbandingan perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Tabel 5. 39 Jumlah Rencana Gardu Tol Tiap Gerbang

Gerbang Tol	Gardu		N
Wringin Anom	GTO	Masuk	3
		Keluar	3
	GTO Khusus	Masuk	2
		Keluar	2
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Kedamean	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Cerme	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Bunder	GTO	Masuk	1
		Keluar	1
	GTO Khusus	Masuk	1
		Keluar	1
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1
Manyar	GTO	Masuk	3
		Keluar	3
	GTO Khusus	Masuk	2
		Keluar	2
	OBU	Masuk	1
		Keluar	1

Analisis Intensitas Gerbang Wringin Anom

Perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar tahun 2030 menggunakan gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit*. Dalam perencanaan ini kendaraan golongan I menggunakan proporsi 50% masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I, 25% masuk ke gardu tol otomatis dan 25% masuk ke gardu tol *On Board Unit*. Sedangkan kendaraan golongan II – golongan V hanya masuk ke gardu tol otomatis. Berikut merupakan analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan gerbang tol Wringin Anom :

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I	: 2 gardu
Jumlah (N) gardu tol otomatis	: 3 gardu
Jumlah gardu <i>On Board Unit</i>	: 1 gardu
λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 1201 kend./jam
λ_2 gardu tol otomatis	: 1390 kend./jam
λ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 601 kend./jam
μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I	: 720 kend./jam
μ_2 gardu tol otomatis	: 528 kend./jam
μ_3 gardu <i>On Board Unit</i>	: 900 kend./jam

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{1201/2}{720}$$

$$\rho_1 = 0.834 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{1390/3}{528}$$

$$\rho_2 = 0.877 < 1 \text{ (OK)}$$

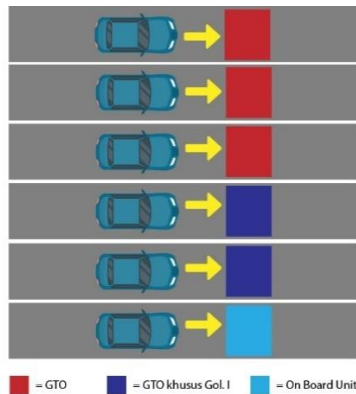
- **Gardu tol *On Board Unit* :**

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_3}$$

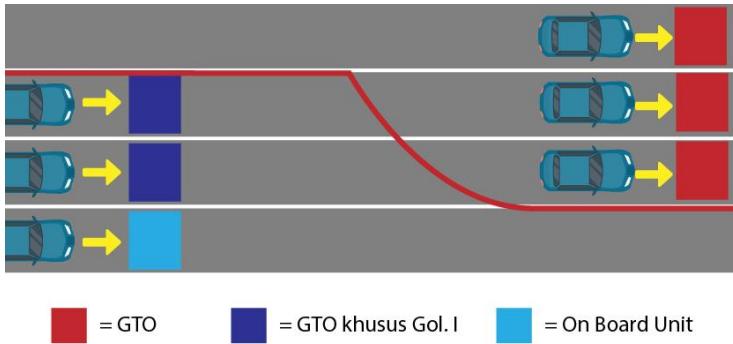
$$\rho_3 = \frac{601/1}{900}$$

$$\rho_3 = 0.667 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Wringin Anom arah masuk aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 3 gardu, gardu tol otomatis khusus gol. I terdapat 2 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.



Gambar 5. 11 Ilustrasi Gardu Tol arah masuk



Gambar 5. 12 Ilustrasi 2 Gardu Tol arah masuk

*ket : ilustrasi 2 direalisasikan jika tidak ada pembebasan jalan dan penambahan jalur.

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I : 2 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 3 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 1019 kend./jam

λ_2 gardu tol otomatis : 1155 kend./jam

λ_3 gardu *On Board Unit* : 509 kend./jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend./jam

μ_2 gardu tol otomatis : 539 kend./jam

μ_3 gardu *On Board Unit* : 900 kend./jam

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1 / N_1}{\mu_1}$$

$$\rho_1 = \frac{1019/2}{720}$$

$$\rho_1 = 0.707 < 1 \text{ (OK)}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2}$$

$$\rho_2 = \frac{1155/3}{539}$$

$$\rho_2 = 0.714 < 1 \text{ (OK)}$$

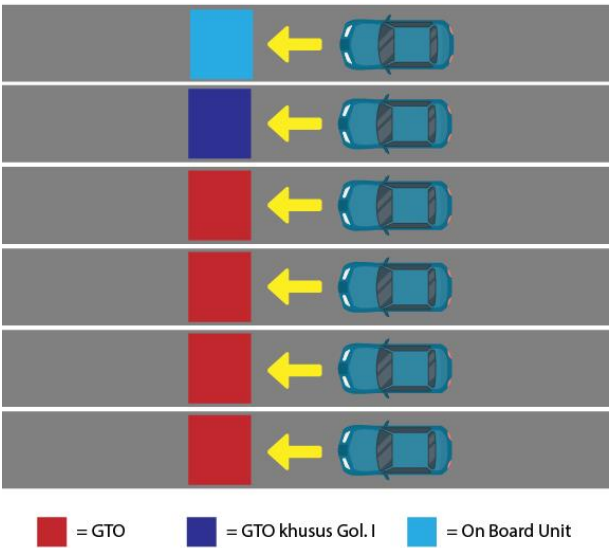
- **Gardu tol *On Board Unit* :**

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_2}$$

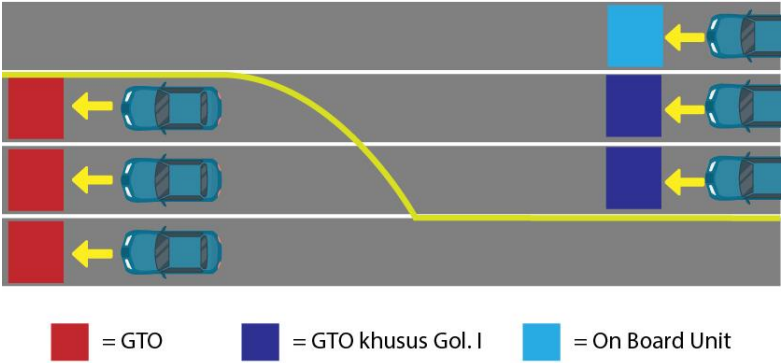
$$\rho_3 = \frac{509/1}{900}$$

$$\rho_3 = 0.566 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan pada gerbang tol Wringin Anom arah keluar aman. Dari perhitungan didapatkan gardu tol otomatis terdapat 3 gardu, gardu tol otomatis khusus gol. I terdapat 2 gardu, dan gardu *On Board Unit* terdapat 1 gardu.



Gambar 5. 13 Ilustrasi gardu tol arah keluar



Gambar 5. 14 Ilustrasi 2 gardu tol arah keluar

*ket : ilustrasi 2 direalisasikan jika tidak ada pembebasan jalan dan penambahan jalur.

Berikut merupakan tabel hasil Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk tiap gerbang tol tahun 2030:

Tabel 5. 40 Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan Gerbang Tol KLBM Tahun 2030

Gerbang Tol	Gardu		N	λ	μ	ρ
Wringin Anom	GTO	Masuk	3	1390	528	0.877
		Keluar	3	1155	539	0.714
	GTO Khusus	Masuk	2	1201	720	0.834
		Keluar	2	1019	720	0.707
	OBU	Masuk	1	601	900	0.667
		Keluar	1	509	900	0.566
Kedamean	GTO	Masuk	1	208	536	0.388
		Keluar	1	350	619	0.566
	GTO Khusus	Masuk	1	180	720	0.250
		Keluar	1	178	720	0.247
	OBU	Masuk	1	90	900	0.100
		Keluar	1	89	900	0.099
Cerme	GTO	Masuk	1	215	531	0.404
		Keluar	1	209	543	0.384
	GTO Khusus	Masuk	1	183	720	0.254
		Keluar	1	183	720	0.254
	OBU	Masuk	1	92	900	0.102
		Keluar	1	92	900	0.102
Bunder	GTO	Masuk	1	260	530	0.491
		Keluar	1	360	531	0.677
	GTO Khusus	Masuk	1	306	720	0.425
		Keluar	1	306	720	0.424
	OBU	Masuk	1	153	900	0.170
		Keluar	1	153	900	0.170
Manyar	GTO	Masuk	3	807	530	0.507
		Keluar	3	1013	527	0.640
	GTO Khusus	Masuk	2	697	720	0.484
		Keluar	2	873	720	0.606
	OBU	Masuk	1	349	900	0.387
		Keluar	1	463	900	0.485

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.7.6 Analisis Antrian Gerbang Tol Tahun 2030

Analisis antrian pada gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar menggunakan analisis antrian FIFO. Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian yang terjadi dan waktu mengantri pada gerbang tol. Analisis antrian ini menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan.

Analisis Antrian Gerbang Wringin Anom

Diketahui :

Gardu Tol Masuk

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol I : 2 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 3 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 1201 kend./jam

λ_2 gardu tol otomatis : 1390 kend./jam

λ_3 gardu On Board Unit : 601 kend./jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend./jam

μ_2 gardu tol otomatis : 528 kend./jam

μ_3 gardu *On Board Unit* : 900 kend./jam

ρ_1 : 0.834

ρ_2 : 0.877

ρ_3 : 0.667

- **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.834}{1-0.834} = 5.02 \approx 5 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.584^2}{1-0.584} = 4.19 \approx 4 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{720 - 1201/2} \times 3600 = 30.12 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 30.12 - \frac{1}{720} \times 3600 = 25.12 \text{ detik}$$

- **Gardu tol otomatis :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.877}{1-0.877} = 7.103 \approx 7 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.877^2}{1-0.877} = 6.22 \approx 6 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{528 - 1390/3} \times 3600 = 55.21 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 55.21 - \frac{1}{528} \times 3600 = 48.4 \text{ detik}$$

- **Gardu tol *On Board Unit* :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.667}{1-0.667} = 2.005 \approx 2 \text{ kend.}$$

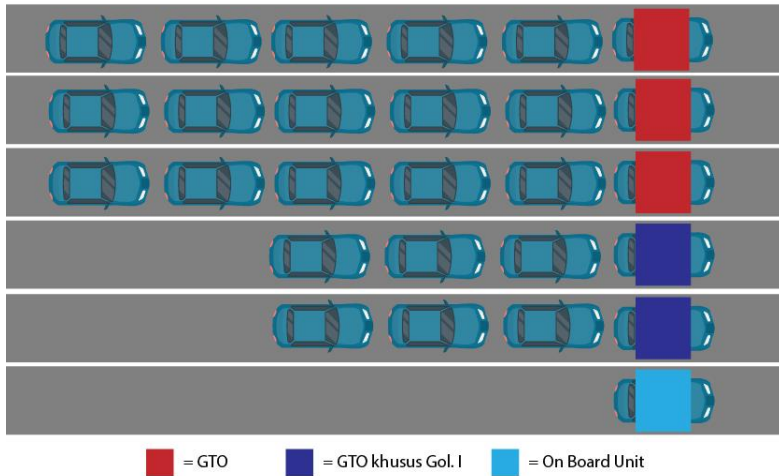
$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.234^2}{1-0.234} = 1.33 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{900 - 210/1} \times 3600 = 5.22 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 5.219 - \frac{1}{900} \times 3600 = 1.22 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah masuk terdapat 4 kendaraan untuk gardu tol otomatis khusus gol.

I, 6 kendaraan untuk gardu tol otomatis, dan 1 kendaraan untuk gardu *On Board Unit*.



ket: 1 kendaraan sedang dilayani dan lainnya mengantri

Gambar 5. 15 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah masuk

Gardu Tol Keluar

Jumlah (N) gardu tol otomatis khusus Gol. I : 2 gardu

Jumlah (N) gardu tol otomatis : 3 gardu

Jumlah (N) gardu *On Board Unit* : 1 gardu

λ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 1019 kend./jam

λ_2 gardu tol otomatis : 1155 kend./jam

λ_3 gardu On Board Unit : 509 kend./jam

μ_1 gardu tol otomatis khusus Gol. I : 720 kend./jam

μ_2 gardu tol otomatis : 539 kend./jam

μ_3 gardu *On Board Unit* : 900 kend./jam

ρ_1 : 0.707

$$\rho_2 : 0.741$$

$$\rho_3 : 0.566$$

• **Gardu tol otomatis khusus :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.707}{1-0.707} = 2.41 \approx 2 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.707^2}{1-0.707} = 1.70 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu-\lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{720-1019/1} \times 3600 = 17.08 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 17.08 - \frac{1}{720} \times 3600 = 12.08 \text{ detik}$$

• **Gardu tol otomatis :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.741}{1-0.741} = 2.49 \approx 2 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.741^2}{1-0.741} = 1.78 \approx 2 \text{ kend} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu-\lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{539-1155/3} \times 3600 = 23.34 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 23.34 - \frac{1}{539} \times 3600 = 16.67 \text{ detik}$$

• **Gardu tol *On Board Unit* :**

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{0.566}{1-0.566} = 1.30 \approx 1 \text{ kend.}$$

$$\bar{q} = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{0.566^2}{1-0.566} = 0.74 \approx 1 \text{ kend.} < 10 \text{ kend.}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{\mu-\lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{900-509/1} \times 3600 = 9.21 \text{ detik}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \frac{1}{\mu} \times 3600 = 9.21 - \frac{1}{900} \times 3600 = 2.53 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan jumlah antrian kendaraan untuk arah masuk terdapat 1 kendaraan untuk gardu tol otomatis khusus gol. I, 2 kendaraan untuk gardu tol otomatis, dan 1 kendaraan untuk gardu *On Board Unit*.



Gambar 5. 16 Ilustrasi antrian pada gerbang tol arah keluar

Berikut merupakan tabel hasil Analisis Perbandingan tingkat pelayanan dan tingkat kedatangan untuk tiap gerbang tol :

Tabel 5. 41 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol KLBM
Tahun 2030

Gerbang Tol	Gardu		\bar{n} (kend)	\bar{q} (kend)	\bar{d} (dtk)	\bar{w} (dtk)
Wringin Anom	GTO	Masuk	7	6	55.21	48.4
		Keluar	2	2	23.34	16.67
	GTO Khusus	Masuk	5	4	30.12	25.12
		Keluar	2	2	17.08	12.08
	OBU	Masuk	2	1	12.02	8.02
		Keluar	1	1	9.21	2.54

Tabel 5.39 Hasil Analisis Antrian Gerbang Tol KLBM
Tahun 2030 (Lanjutan)

Gerbang Tol	Gardu		\bar{n} (kend)	\bar{q} (kend)	\bar{d} (dtk)	\bar{w} (dtk)
Kedamean	GTO	Masuk	1	1	10.98	4.26
		Keluar	1	1	13.4	7.58
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.67	1.67
		Keluar	1	1	6.64	1.64
	OBU	Masuk	1	1	4.44	0.44
		Keluar	1	1	4.43	0.43
Cerme	GTO	Masuk	1	1	11.36	4.59
		Keluar	1	1	10.76	4.13
	GTO Khusus	Masuk	1	1	6.70	1.70
		Keluar	1	1	6.70	1.70
	OBU	Masuk	1	1	4.45	0.45
		Keluar	1	1	4.45	0.45
Bunder	GTO	Masuk	1	1	13.33	6.54
		Keluar	2	1	20.96	14.2
	GTO Khusus	Masuk	1	1	8.68	3.68
		Keluar	1	1	8.69	3.69
	OBU	Masuk	1	1	4.81	0.81
		Keluar	1	1	4.81	0.81
Manyar	GTO	Masuk	1	1	13.79	6.99
		Keluar	2	1	18.97	12.1
	GTO Khusus	Masuk	1	1	9.69	4.69
		Keluar	2	1	12.68	7.68
	OBU	Masuk	1	1	6.52	2.52
		Keluar	1	1	7.76	3.76

(Sumber: Hasil Perhitungan)

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat kedatangan kendaraan pada gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar sebagai berikut :

a. Tahun 2019

- Gerbang Wringin Anom
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 1229 kend./jam , arah keluar sebesar 923 kend./jam.
- Gerbang Kedamean
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 210 kend./jam, arah keluar sebesar 360 kend./jam.
- Gerbang Cerme
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 277 kend./jam, arah keluar sebesar 281 kend./jam.
- Gerbang Bunder
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 484 kend./jam, arah keluar sebesar 474 kend./jam
- Gerbang Manyar
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 714 kend./jam, arah keluar 719 kend./jam.

b. Tahun 2030

- Gerbang Wringin Anom
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 3498 kend./jam , arah keluar sebesar 2929 kend./jam.

- Gerbang Kedamean
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 524 kend./jam, arah keluar sebesar 690 kend./jam.
 - Gerbang Cerme
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 537 kend./jam, arah keluar sebesar 528 kend./jam.
 - Gerbang Bunder
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 896 kend./jam, arah keluar sebesar 898 kend./jam
 - Gerbang Manyar
Tingkat kedatangan kendaraan arah masuk sebesar 2030 kend./jam, arah keluar 2547 kend./jam.
2. Panjang antrian yang telah direncanakan kurang dari 10 kendaraan yang dimana telah sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan tol
 3. Pada perencanaan gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar tidak dilakukan analisis perubahan jumlah gardu tol yang beroperasi dikarenakan data yang dianalisis merupakan data volume kendaraan per hari.
 4. Jumlah gardu pada gerbang tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar sebagai berikut :
 - a. Tahun 2019
 - Gerbang Wringin Anom
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 2 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*
 - Gerbang Kedamean
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board*

Unit, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*

- Gerbang Cerme

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*

- Gerbang Bunder

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*

- Gerbang Manyar

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*

c. Tahun 2030

- Gerbang Wringin Anom

Arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*

- Gerbang Kedamean

Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*

- Gerbang Cerme
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*
- Gerbang Bunder
Arah masuk terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 1 gardu tol otomatis khusus gol. I, 1 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*
- Gerbang Manyar
Arah masuk terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*, dan untuk arah keluar terdapat 2 gardu tol otomatis khusus gol. I, 3 gardu tol otomatis dan 1 gardu *On Board Unit*

6.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan, berikut saran yang dapat diberikan oleh penyusun kepada perencana gerbang tol, badan pengelola jalan tol ataupun pemerintah agar tercapainya gerbang tol yang baik dan sesuai dengan standar pelayanan minimum :

- a. Mempermudah pengisian (*top up*) dan pembelian *e-toll card*.
- b. Menggunakan harga yang terjangkau untuk perangkat *On Board Unit*.
- c. Peninjauan terhadap penggunaan OBU kepada golongan II – golongan V.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, Yanida. 2017. **Analisa Studi Kelayakan Jalan Tol Krian - Legundi - Bunder - Manyar Seksi I & II**. ITS, Surabaya.

Anonim. 2005. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol**. Jakarta.

Anonim. 2004. **Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan**. Jakarta.

Badan Pusat Statistik Provinsi Jatim, 2017 : **Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Menurut Kabupaten/Kota**.
<URL:[https:// jatim.bps.go.id](https://jatim.bps.go.id)>

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. **Standar Konstruksi dan Bangunan Nomor 007/BM/2009 Tentang Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol**. Jakarta.

Gross Donald, Shortle John F, Thompson James M, Harris Carl M., 2008. *Fundamental of Queueing Theory*. Edisi keempat. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.

Kakiay, T.J. 2004. **Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata**. Yogyakarta. Penerbit Andi Offset.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. **Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 370/KPTS/2007 Tentang Golongan Jenis Kendaraan Bermotor Pada Jalan Tol Yang Sudah Beroperasi**. Jakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol**. Jakarta

Napitu, Lambok F. 2008. **Analisis Antrian Pada PT. Bank Rakyat Indonesia Cabang Pematang Siantar Unit Pasar Horas**. USU, Medan

PT. Waskita Bumi Wira. 2018. **Review Kajian Lalu Lintas Pembangunan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar**. Surabaya.

Republik Indonesia. 2008. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang RTRWN**. Sekretariat Kabinet RI, Jakarta

Tamin, Ofyar Z. 2003. **Perencanaan dan Permodelan Transportasi (Edisi Kedua)**. Penerbit ITB, Bandung.

Walpole, Ronald E. 1995. **Pengantar Statiska**. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Data Lalu Lintas Golongan I arah Krian-Manyar

Tahun	L1A	AA	BA	L2A	CA	DA	L3A	EA	FA	L4A	GA	HA	L5A	IA	JA	L6A
2018	5243	1486	997	4754	442	420	4732	493	445	4684	1286	606	4004	0	0	0
2019	7654	2304	1704	7055	825	779	7008	918	826	6916	2013	944	5847	2286	912	4473
2020	8855	2452	1814	8217	880	831	8167	978	880	8069	2149	1008	6928	2434	971	5465
2025	14569	3276	2425	13717	1206	1139	13650	1331	1199	13518	2930	1374	11962	3261	1302	10003
2030	21846	4266	3158	20738	1616	1528	20649	1764	1589	20475	3885	1823	18412	4254	1699	15857
2040	43329	6952	5152	41528	2782	2632	41378	2620	2620	41093	6265	2942	37770	6948	2777	33600
2050	57947	10580	7848	55215	4583	4341	54973	4495	4058	54536	9685	4552	49403	10555	4224	43072
2060	63892	15310	11367	59949	7217	6844	59575	6912	6247	58909	14683	6908	51135	15306	6131	41959

Data Lalu Lintas Golongan II arah Krian-Manyar

Tahun	L1A	AA	BA	L2A	CA	DA	L3A	EA	FA	L4A	GA	HA	L5A	IA	JA	L6A
2018	909	258	173	824	77	73	820	85	77	812	223	105	694	0	0	0
2019	1326	399	295	1223	143	135	1214	159	143	1199	349	164	1013	396	158	775
2020	1534	425	314	1424	153	144	1415	170	153	1398	372	175	1200	422	168	947
2025	2525	568	420	2377	209	197	2365	231	208	2343	508	238	2073	565	226	1733
2030	3786	739	547	3594	280	265	3578	306	275	3548	673	316	3191	737	294	2748
2040	7508	1205	893	7196	482	456	7170	454	454	7121	1086	510	6545	1204	481	5822
2050	10042	1833	1360	9568	794	752	9526	779	703	9450	1678	789	8561	1829	732	7464
2060	11072	2653	1970	10388	1251	1186	10324	1198	1082	10208	2544	1197	8861	2652	1062	7271

Data Lalu Lintas Golongan III arah Krian-Manyar

Tahun	L1A	AA	BA	L2A	CA	DA	L3A	EA	FA	L4A	GA	HA	L5A	IA	JA	L6A
2018	426	121	81	387	36	34	385	40	36	381	105	49	326	0	0	0
2019	623	187	139	574	67	63	570	75	67	562	164	77	476	186	74	364
2020	720	199	148	668	72	68	664	80	72	656	175	82	563	198	79	444
2025	1185	266	197	1116	98	93	1110	108	97	1099	238	112	973	265	106	814
2030	1777	347	257	1687	131	124	1679	143	129	1665	316	148	1497	346	138	1290
2040	3524	565	419	3377	226	214	3365	213	213	3342	509	239	3072	565	226	2733
2050	4713	860	638	4491	373	353	4471	366	330	4435	788	370	4018	858	344	3503
2060	5196	1245	924	4876	587	557	4845	562	508	4791	1194	562	4159	1245	499	3413

Data Lalu Lintas Golongan IV arah Krian-Manyar

Tahun	L1A	AA	BA	L2A	CA	DA	L3A	EA	FA	L4A	GA	HA	L5A	IA	JA	L6A
2018	246	70	47	223	21	20	222	23	21	220	60	28	188	0	0	0
2019	359	108	80	331	39	37	329	43	39	324	94	44	274	107	43	210
2020	415	115	85	385	41	39	383	46	41	379	101	47	325	114	46	256
2025	683	154	114	643	57	53	640	62	56	634	137	64	561	153	61	469
2030	1025	200	148	973	76	72	969	83	75	960	182	85	864	200	80	744
2040	2033	326	242	1948	131	123	1941	123	123	1928	294	138	1772	326	130	1576
2050	2718	496	368	2590	215	204	2579	211	190	2558	454	214	2318	495	198	2021
2060	2997	718	533	2812	339	321	2795	324	293	2763	689	324	2399	718	288	1968

Data Lalu Lintas Golongan V arah Krian-Manyar

Tahun	L1A	AA	BA	L2A	CA	DA	L3A	EA	FA	L4A	GA	HA	L5A	IA	JA	L6A
2018	144	41	27	130	12	11	130	13	12	128	35	17	110	0	0	0
2019	210	63	47	193	23	21	192	25	23	189	55	26	160	63	25	122
2020	242	67	50	225	24	23	224	27	24	221	59	28	190	67	27	150
2025	399	90	66	376	33	31	374	36	33	370	80	38	327	89	36	274
2030	598	117	86	568	44	42	565	48	44	561	106	50	504	116	47	434
2040	1186	190	141	1137	76	72	1133	72	72	1125	171	81	1034	190	76	920
2050	1586	290	215	1512	125	119	1505	123	111	1493	265	125	1352	289	116	1179
2060	1749	419	311	1641	198	187	1631	189	171	1613	402	189	1400	419	168	1149

LAMPIRAN 2 Data Lalu Lintas Golongan I arah Manyar-Krian

Tahun	L1B	AB	BB	L2B	CB	DB	L3B	EB	FB	L4B	GB	HB	L5B	IB	JB	L6B
2018	4896	1483	978	4391	479	445	4357	488	442	4312	1224	603	3690	0	0	0
2019	7533	2306	1678	6904	892	828	6839	905	817	6526	1941	937	5748	2268	965	4444
2020	8435	2455	1786	7766	952	883	7697	965	871	7603	2072	1000	6530	2415	1027	5143
2025	12903	3281	2385	12008	1304	1209	11912	1313	1184	11783	2827	1364	10320	3236	1376	8460
2030	18524	4273	3106	17356	1750	1620	17227	1741	1570	17055	3750	1808	15113	4223	1795	12685
2040	34671	6971	5061	32761	3015	2789	32535	2871	2586	32250	6053	2915	29112	6903	2931	25140
2050	48253	10619	7703	45336	4972	4594	44958	4447	4000	44512	9368	4507	39651	10498	4453	33605
2060	58771	15381	11145	54535	7838	7235	53932	6845	6151	53238	14217	6833	45854	15238	6456	37072

Data Lalu Lintas Golongan II arah Manyar-Krian

Tahun	L1B	AB	BB	L2B	CB	DB	L3B	EB	FB	L4B	GB	HB	L5B	IB	JB	L6B
2018	848	257	170	761	83	77	755	84	77	747	212	104	639	0	0	0
2019	1305	400	291	1196	155	143	1185	157	142	1131	336	162	996	393	167	770
2020	1462	425	309	1346	165	153	1334	167	151	1317	359	173	1132	418	178	891
2025	2236	569	413	2081	226	209	2064	228	205	2042	490	236	1788	561	238	1466
2030	3210	741	538	3008	303	281	2985	302	272	2956	650	313	2619	732	311	2198
2040	6008	1208	877	5677	522	483	5638	497	448	5589	1049	505	5045	1196	508	4356
2050	8362	1840	1335	7856	862	796	7791	771	693	7713	1623	781	6871	1819	772	5823
2060	10184	2665	1931	9450	1358	1254	9346	1186	1066	9226	2464	1184	7946	2641	1119	6424

Data Lalu Lintas Golongan III arah Manyar-Krian

Tahun	L1B	AB	BB	L2B	CB	DB	L3B	EB	FB	L4B	GB	HB	L5B	IB	JB	L6B
2018	398	121	80	357	39	36	354	40	36	351	100	49	300	0	0	0
2019	613	188	136	562	73	67	556	74	66	531	158	76	467	184	78	361
2020	686	200	145	632	77	72	626	78	71	618	169	81	531	196	84	418
2025	1049	267	194	977	106	98	969	107	96	958	230	111	839	263	112	688
2030	1507	348	253	1412	142	132	1401	142	128	1387	305	147	1229	343	146	1032
2040	2820	567	412	2664	245	227	2646	233	210	2623	492	237	2368	561	238	2045
2050	3924	864	626	3687	404	374	3656	362	325	3620	762	367	3225	854	362	2733
2060	4780	1251	906	4435	637	588	4386	557	500	4330	1156	556	3729	1239	525	3015

Data Lalu Lintas Golongan IV arah Manyar-Krian

Tahun	L1B	AB	BB	L2B	CB	DB	L3B	EB	FB	L4B	GB	HB	L5B	IB	JB	L6B
2018	230	70	46	206	22	21	204	23	21	202	57	28	173	0	0	0
2019	353	108	79	324	42	39	321	42	38	306	91	44	270	106	45	208
2020	396	115	84	364	45	41	361	45	41	357	97	47	306	113	48	241
2025	605	154	112	563	61	57	559	62	56	553	133	64	484	152	65	397
2030	869	200	146	814	82	76	808	82	74	800	176	85	709	198	84	595
2040	1626	327	237	1537	141	131	1526	135	121	1513	284	137	1366	324	137	1179
2050	2264	498	361	2127	233	216	2109	209	188	2088	439	211	1860	492	209	1576
2060	2757	722	523	2558	368	339	2530	321	289	2497	667	321	2151	715	303	1739

Data Lalu Lintas Golongan V arah Manyar-Krian

Tahun	L1B	AB	BB	L2B	CB	DB	L3B	EB	FB	L4B	GB	HB	L5B	IB	JB	L6B
2018	134	41	27	120	13	12	119	13	12	118	34	17	101	0	0	0
2019	206	63	46	189	24	23	187	25	22	179	53	26	157	62	26	122
2020	231	67	49	213	26	24	211	26	24	208	57	27	179	66	28	141
2025	353	90	65	329	36	33	326	36	32	323	77	37	283	89	38	232
2030	507	117	85	475	48	44	472	48	43	467	103	50	414	116	49	347
2040	949	191	139	897	83	76	891	79	71	883	166	80	797	189	80	688
2050	1321	291	211	1241	136	126	1231	122	110	1219	256	123	1085	287	122	920
2060	1609	421	305	1493	215	198	1476	187	168	1457	389	187	1255	417	177	1015

LAMPIRAN 3 Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. I arah Krian-Manyar

Gol 1	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	2304	5350	4724.291	4105.441	2910.537	1772.6526	7654
2	0	0	1704	1504.709	1307.602	927.0195	564.59815	1704
3	0	0	0	779	676.9563	479.9256	292.29706	779
4	0	0	0	0	826	585.7632	356.7571	826
5	0	0	0	0	0	944	574.94004	944
6	0	0	0	0	0	0	912	912
7	0	0	0	0	0	0	0	0
		2304	825	918	2013	2286	4473	
		7654	7054	7008	6916.245	5847.245	4473	
		0.301019	0.116955	0.130993	0.291054	0.390953	0.9999452	

Gol 1	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	2304	626	619	1195	1138	1773	7654
2	0	0	199	197	381	362	565	1704
3	0	0	0	102	197	188	292	779
4	0	0	0	0	240	229	357	826
5	0	0	0	0	0	369	575	944
6	0	0	0	0	0	0	912	912
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. II arah Krian-Manyar

Gol 2	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	399	927	819	711	504	307.03673	1326
2			295	260	226	160	97.708561	295
3				135	117	83	50.640051	135
4					143	101	61.725217	143
5						164	99.889437	164
6							158	158
7	0	0	0	0	0	0	0	
	0	399	143	159	349	396	775	
		1326	1222	1214	1198	1013	775	
		0.3009	0.1170	0.1310	0.2913	0.3909	1	

Gol 2	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	399	108	107	207	197	307	1326
2			35	34	66	63	98	295
3				18	34	33	51	135
4					42	40	62	143
5						64	100	164
6							158	158
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. III arah Krian-Manyar

Gol 3	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	187	436	385	335	237	144.47193	623
2			139	123	107	76	46.058711	139
3				63	55	39	23.6288	63
4					67	47	28.928795	67
5						77	46.911765	77
6							74	74
7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	187	67	75	164	186	364	
		623	575	571	563	476	364	
		0.30016	0.11652	0.13135	0.29130	0.39076	1	

Gol 3	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	187	51	51	97	93	144	623
2			16	16	31	30	46	139
3				8	16	15	24	63
4					20	19	29	67
5						30	47	77
6							74	74
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. IV arah Krian-Manyar

Gol 4	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	108	251	221.426	192.4858	136.813	83.5803	359
2	0	0	80	70.57402	61.35006	43.60573	26.63914	80
3	0	0	0	37	32.16413	22.86128	13.96616	37
4	0	0	0	0	39	27.72	16.9344	39
5	0	0	0	0	0	44	26.88	44
6	0	0	0	0	0	0	43	43
7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	108	39	43	94	107	210	
		359	331	329	325	275	211	
		0.300836	0.117825	0.130699	0.289231	0.389091	0.995261	

Gol 4	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	108	30	29	56	53	83	359
2	0	0	9	9	18	17	27	80
3	0	0	0	5	9	9	14	37
4	0	0	0	0	11	11	17	39
5	0	0	0	0	0	17	27	44
6	0	0	0	0	0	0	43	43
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. V arah Krian-Manyar

Gol 5	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	63	147	129.5722	112.7008	80.07688	48.74245	210
2	0	0	47	41.42784	36.03359	25.60281	15.58432	47
3	0	0	0	21	18.26563	12.97821	7.899778	21
4	0	0	0	0	23	16.34211	9.947368	23
5	0	0	0	0	0	26	15.82609	26
6	0	0	0	0	0	0	25	25
7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	63	23	25	55	63	122	
		210	194	192	190	161	123	
		0.3	0.118557	0.130208	0.289474	0.391304	0.99187	

Gol 5	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	63	17	17	33	31	49	210
2	0	0	6	5	10	10	16	47
3	0	0	0	3	5	5	8	21
4	0	0	0	0	7	6	10	23
5	0	0	0	0	0	10	16	26
6	0	0	0	0	0	0	25	25
7	0	0	0	0	0	0	0	0

LAMPIRAN 4 Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. I arah Manyar-Krian

Gol 1	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	965	3479	2911.778	2559.398	2250	1702.7084	4444
2	0	0	2268	1898.222	1668.501	1466.495	1110.0152	2268
3	0	0	0	1941	1706.102	1499.544	1135.0305	1941
4	0	0	0	0	905	795.4313	602.07574	905
5	0	0	0	0	0	892	675.17022	892
6	0	0	0	0	0	0	2306	2306
7	0	0	0	0	0	0	0	
	0	965	937	817	828	1678	7533	
		4444	5747	6751	6839	6903	7531	
		0.217147	0.163042	0.121019	0.12107	0.243083	1.0002656	

Gol 1	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	965	567	352	310	547	1703	4444
2	0	0	370	230	202	356	1110	2268
3	0	0	0	235	207	365	1135	1941
4	0	0	0	0	110	193	602	905
5	0	0	0	0	0	217	675	892
6	0	0	0	0	0	0	2307	2307
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. II arah Manyar-Krian

Gol 2	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	167	603	504.9217	443.6406	390	295.26685	770
2	0	0	393	329.0783	289.1389	254.247	192.4376	393
3	0	0	0	336	295.2205	259.5947	196.48525	336
4	0	0	0	0	157	138.054	104.49201	157
5	0	0	0	0	0	155	117.3183	155
6	0	0	0	0	0	0	400	400
7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	167	162	142	143	291	1305	
		636	996	1170	1185	1197	1306	
		0.262579	0.162651	0.121368	0.120675	0.243108	0.9992343	

Gol 2	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	167	98	61	54	95	295	770
2	0	0	64	40	35	62	192	393
3	0	0	0	41	36	63	196	336
4	0	0	0	0	19	34	104	157
5	0	0	0	0	0	38	117	155
6	0	0	0	0	0	0	400	400
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. III arah Manyar-Krian

Gol 3	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	78	283	236.944325	208.459215	183	139.08537	361
2	0	0	184	154.055675	135.53532	119.23215	90.430067	184
3	0	0	0	158	139.005464	122.28488	92.74537	158
4	0	0	0	0	74	65.098743	49.373292	74
5	0	0	0	0	0	73	55.365897	73
6	0	0	0	0	0	0	188	188
7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	78	76	66	67	136	613	
		361	467	549	557	563	615	
		0.216066	0.1627409	0.12021858	0.12028725	0.2415631	0.996748	

Gol 3	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	78	46	28	25	44	139	361
2	0	0	30	19	16	29	90	184
3	0	0	0	19	17	30	92	158
4	0	0	0	0	9	16	49	74
5	0	0	0	0	0	18	55	73
6	0	0	0	0	0	0	187	187
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. IV arah Manyar-Krian

Gol 4	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	45	163	136.3383	119.9432	105	79.56447	208
2	0	0	106	88.66171	77.99986	68.49363	51.74132	106
3	0	0	0	91	80.05696	70.30002	53.1059	91
4	0	0	0	0	42	36.88125	27.86076	42
5	0	0	0	0	0	42	31.72755	42
6	0	0	0	0	0	0	108	108
7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	45	44	38	39	79	353	
		208	269	316	320	323	352	
		0.216346	0.163569	0.120253	0.121875	0.244582	1.002841	

Gol 4	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	45	27	16	15	26	80	208
2	0	0	17	11	10	17	52	106
3	0	0	0	11	10	17	53	91
4	0	0	0	0	5	9	28	42
5	0	0	0	0	0	10	32	42
6	0	0	0	0	0	0	108	108
7	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Demand and Load Factor Tahun 2019 Gol. V arah Manyar-Krian

Gol 5	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	26	96	80.20253	70.66493	62	46.925	122
2	0	0	62	51.79747	45.63777	40.05443	30.30573	62
3	0	0	0	53	46.6973	40.98433	31.00931	53
4	0	0	0	0	25	21.94149	16.60123	25
5	0	0	0	0	0	24	18.15873	24
6	0	0	0	0	0	0	63	63
7	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	26	26	22	23	46	206	
		122	158	185	188	189	206	
		0.213115	0.164557	0.118919	0.12234	0.243386	1	

Gol 5	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	26	16	10	9	15	47	122
2	0	0	10	6	6	10	30	62
3	0	0	0	6	6	10	31	53
4	0	0	0	0	3	5	17	25
5	0	0	0	0	0	6	18	24
6	0	0	0	0	0	0	63	63
7	0	0	0	0	0	0	0	0

LAMPIRAN 5 Distribusi Kendaraan Golongan I

Zona	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
WA	JCT Sumo	253	253				
WA	Kedamean	69	69				
WA	Cerme	68		68			
WA	Bunder	131			131		
WA	JCT Bunder	125				125	
WA	Manyar	195					195
JCT Sumo	Kedamean		22	22			
JCT Sumo	Cerme		22	22			
JCT Sumo	Bunder		42		42		
JCT Sumo	JCT Bunder		40			40	
JCT Sumo	Manyar		62				62
JCT Sumo	WA	24	24				
Kedamean	Cerme		11	11			
Kedamean	Bunder		22		22		
Kedamean	JCT Bunder		21			21	
Kedamean	Manyar		32				32
Kedamean	WA	21	21				
Kedamean	JCT Sumo		12	12			
Cerme	Bunder			26	26		
Cerme	JCT Bunder			25		25	
Cerme	Manyar			39			39
Cerme	WA	66		66			
Cerme	JCT Sumo		21	21			
Cerme	Kedamean		12	12			
Bunder	JCT Bunder				41	41	
Bunder	Manyar				63		63
Bunder	WA	125			125		
Bunder	JCT Sumo		40		40		
Bunder	Kedamean		23		23		
Bunder	Cerme			26	46		
JCT Bunder	Manyar					100	100
JCT Bunder	WA	122				122	
JCT Bunder	JCT Sumo		39			39	
JCT Bunder	Kedamean		22			22	
JCT Bunder	Cerme			25		25	
JCT Bunder	Bunder				41	41	
Manyar	WA	187					187
Manyar	JCT Sumo		60				60
Manyar	Kedamean		34				34
Manyar	Cerme			39			39
Manyar	Bunder				62		62
Manyar	JCT Bunder					106	106

G
o
l
o
n
g
a
n
I

Distribusi Kendaraan Golongan II

Zona	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
WA	JCT Sumo	44	44				
WA	Kedamean	12	12				
WA	Cerme	12		12			
WA	Bunder	23			23		
WA	JCT Bunder	22				22	
WA	Manyar	34					34
JCT Sumo	Kedamean		4	4			
JCT Sumo	Cerme		4	4			
JCT Sumo	Bunder		7		7		
JCT Sumo	JCT Bunder		7			7	
JCT Sumo	Manyar		11				11
JCT Sumo	WA	44	44				
Kedamean	Cerme			2	2		
Kedamean	Bunder			4	4		
Kedamean	JCT Bunder			4		4	
Kedamean	Manyar			6			6
Kedamean	WA	13		13			
Kedamean	JCT Sumo		4	4			
Cerme	Bunder			5	5		
Cerme	JCT Bunder			4		4	
Cerme	Manyar			7			7
Cerme	WA	11		11			
Cerme	JCT Sumo		4	4			
Cerme	Kedamean			2	2		
Bunder	JCT Bunder				7	7	
Bunder	Manyar				11		11
Bunder	WA	22			22		
Bunder	JCT Sumo		40		7		
Bunder	Kedamean			4	4		
Bunder	Cerme			5	5		
JCT Bunder	Manyar					17	17
JCT Bunder	WA	21				21	
JCT Bunder	JCT Sumo		7			7	
JCT Bunder	Kedamean			4		4	
JCT Bunder	Cerme				4	4	
JCT Bunder	Bunder				7	7	
Manyar	WA	32					32
Manyar	JCT Sumo		10				10
Manyar	Kedamean			6			6
Manyar	Cerme				7		7
Manyar	Bunder					11	11
Manyar	JCT Bunder					18	18

G
o
l
o
n
g
a
n

2

Distribusi Kendaraan Golongan III

Zona	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
WA	Sumo	21	21				
WA	Kedamean	6	6				
WA	Cerme	6		6			
WA	Bunder	11			11		
WA	JCT Bunder	10				10	
WA	Manyar	16					16
JCT Sumo	Kedamean		2	2			
JCT Sumo	Cerme		2	2			
JCT Sumo	Bunder		3		3		
JCT Sumo	JCT Bunder		3			3	
JCT Sumo	Manyar		5				5
JCT Sumo	WA	21	21				
Kedamean	Cerme		1	1			
Kedamean	Bunder		2		2		
Kedamean	JCT Bunder		2			2	
Kedamean	Manyar		3				3
Kedamean	WA	6	6				
Kedamean	JCT Sumo		2	2			
Cerme	Bunder			2	2		
Cerme	JCT Bunder			2		2	
Cerme	Manyar			3			3
Cerme	WA	5		5			
Cerme	JCT Sumo		2	2			
Cerme	Kedamean		1	1			
Bunder	JCT Bunder				3	3	
Bunder	Manyar				5		5
Bunder	WA	10			10		
Bunder	JCT Sumo		3		3		
Bunder	Kedamean		2		2		
Bunder	Cerme			2	2		
JCT Bunder	Manyar					8	8
JCT Bunder	WA	10				10	
JCT Bunder	JCT Sumo		3			3	
JCT Bunder	Kedamean			2		2	
JCT Bunder	Cerme			2		2	
JCT Bunder	Bunder				3	3	
Manyar	WA	15					15
Manyar	JCT Sumo		5				5
Manyar	Kedamean			3			3
Manyar	Cerme			3			3
Manyar	Bunder				5		5
Manyar	JCT Bunder					9	9

G
o
l
o
n
g
a
n

3

Distribusi Kendaraan Golongan IV

Zona	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
WA	JCT Sumo	12	12				
WA	Kedamean	3		3			
WA	Cerme	3			3		
WA	Bunder	6				6	
WA	JCT Bunder	6					6
WA	Manyar	9					9
JCT Sumo	Kedamean		1	1			
JCT Sumo	Cerme		1		1		
JCT Sumo	Bunder		2			2	
JCT Sumo	JCT Bunder		2				2
JCT Sumo	Manyar		3				3
JCT Sumo	WA	12	12				
Kedamean	Cerme			1	1		
Kedamean	Bunder			1		1	
Kedamean	JCT Bunder			1			1
Kedamean	Manyar			2			2
Kedamean	WA	4		4			
Kedamean	JCT Sumo		1	1			
Cerme	Bunder				1	1	
Cerme	JCT Bunder				1		1
Cerme	Manyar				2		2
Cerme	WA	3			3		
Cerme	JCT Sumo		1		1		
Cerme	Kedamean			1	1		
Bunder	JCT Bunder					2	2
Bunder	Manyar					3	3
Bunder	WA	6				6	
Bunder	JCT Sumo		2			2	
Bunder	Kedamean			1		1	
Bunder	Cerme				1	1	
JCT Bunder	Manyar						5
JCT Bunder	WA	6					6
JCT Bunder	JCT Sumo		2				2
JCT Bunder	Kedamean			1			1
JCT Bunder	Cerme				1		1
JCT Bunder	Bunder					2	2
Manyar	WA	9					9
Manyar	JCT Sumo		3				3
Manyar	Kedamean			2			2
Manyar	Cerme				2		2
Manyar	Bunder					3	3
Manyar	JCT Bunder					5	5

G
o
l
o
n
g
a
n

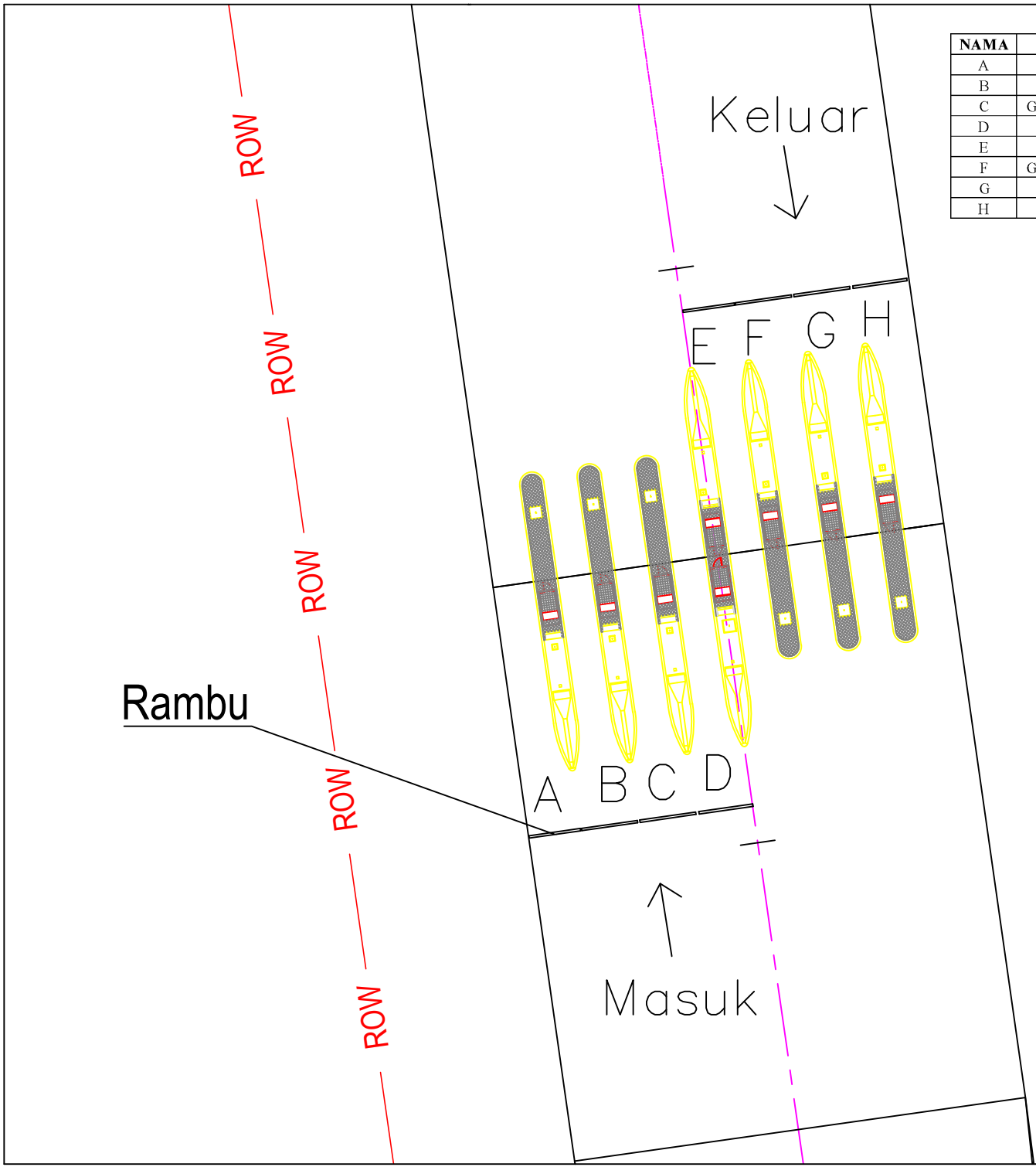
4

Distribusi Kendaraan Golongan V

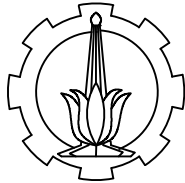
Zona	WA	JCT Sumo	Kedamean	Cerme	Bunder	JCT Bunder	Manyar
WA	Sumo	7	7				
WA	Kedamean	2	2				
WA	Cerme	2		2			
WA	Bunder	4			4		
WA	JCT Bunder	3				3	
WA	Manyar	5					5
JCT Sumo	Kedamean		1	1			
JCT Sumo	Cerme		1	1			
JCT Sumo	Bunder		1		1		
JCT Sumo	JCT Bunder		1			1	
JCT Sumo	Manyar		2				2
JCT Sumo	WA	7	7				
Kedamean	Cerme		0	0			
Kedamean	Bunder		1		1		
Kedamean	JCT Bunder		1			1	
Kedamean	Manyar		1				1
Kedamean	WA	2	2				
Kedamean	JCT Sumo		1	1			
Cerme	Bunder			1	1		
Cerme	JCT Bunder			1		1	
Cerme	Manyar			1			1
Cerme	WA	2		2			
Cerme	JCT Sumo		1	1			
Cerme	Kedamean		0	0			
Bunder	JCT Bunder				1	1	
Bunder	Manyar				2		2
Bunder	WA	3			3		
Bunder	JCT Sumo		1		1		
Bunder	Kedamean		1		1		
Bunder	Cerme			1	1		
JCT Bunder	Manyar					3	3
JCT Bunder	WA	3					3
JCT Bunder	JCT Sumo		1			1	
JCT Bunder	Kedamean			1		1	
JCT Bunder	Cerme			1		1	
JCT Bunder	Bunder				1	1	
Manyar	WA	5					5
Manyar	JCT Sumo		2				2
Manyar	Kedamean		1				1
Manyar	Cerme			1			1
Manyar	Bunder				2		2
Manyar	JCT Bunder					3	3

G
o
l
o
n
g
a
n

5



NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis	Masuk
C	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
E	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Keluar
G	Gardu Tol Otomatis	Keluar
H	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN GERBANG TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Wringin Anom
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Hera Widyastuti,MT. PhD

DOSEN PEMBIMBING II

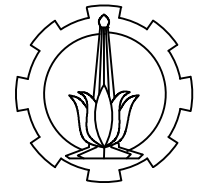
A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

NAMA MAHASISWA

Arnold Yosua Dondokambey

NRP MAHASISWA

03111340000 037



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN GERBANG TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Cerme
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Hera Widyastuti, MT. PhD

DOSEN PEMBIMBING II

A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

NAMA MAHASISWA

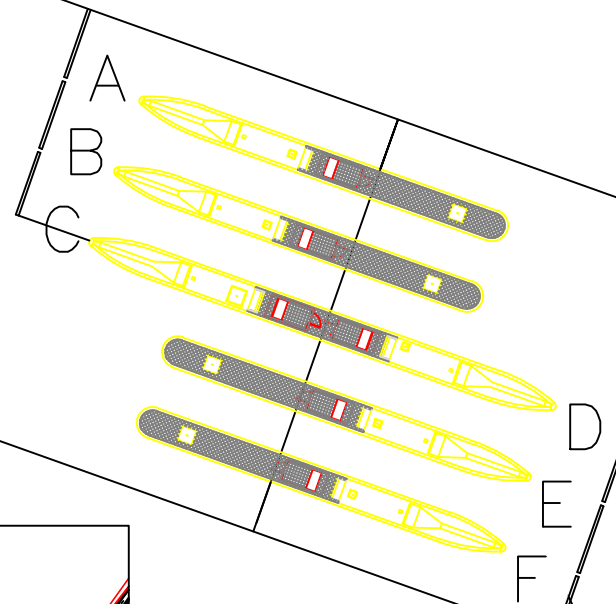
Arnold Yosua Dondokambey

NRP MAHASISWA

03111340000 037

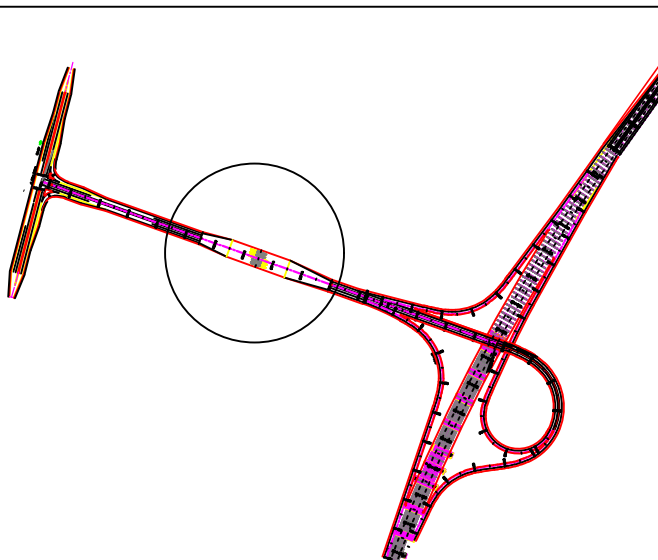
NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar

Masuk
→



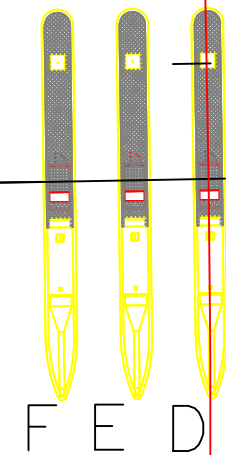
← Keluar

RAMBU



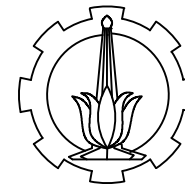
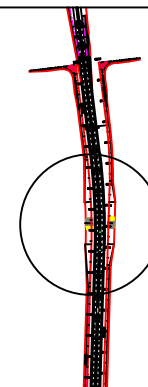
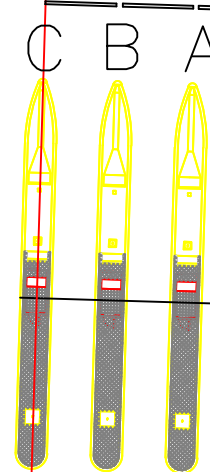
NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar

RAMBU



↑
Keluar

Masuk



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN GERBANG TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Bunder
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Hera Widyastuti, MT. PhD

DOSEN PEMBIMBING I

A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

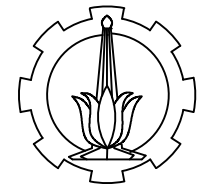
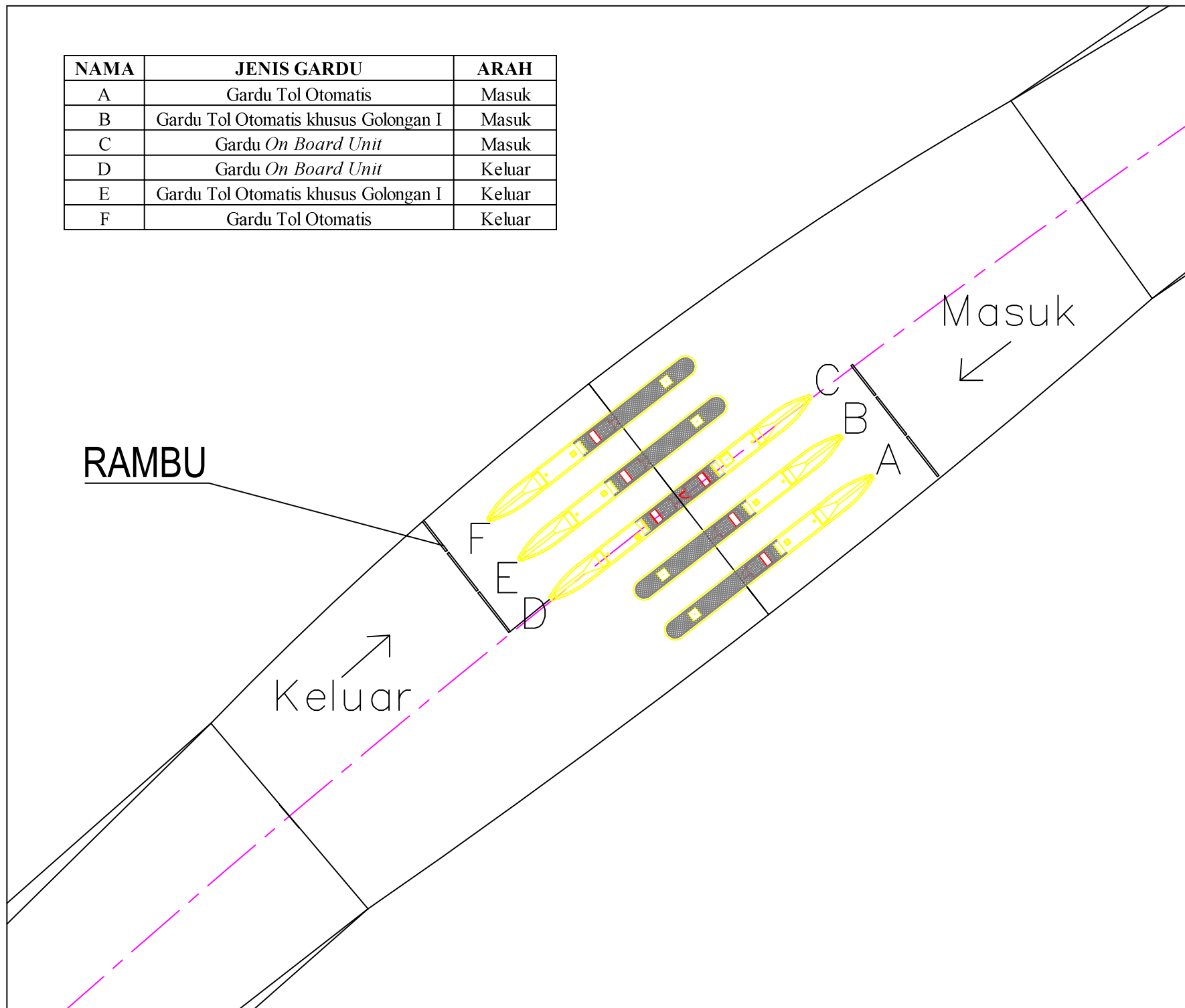
NAMA MAHASISWA

Arnold Yosua Dondokambey

NRP MAHASISWA

03111340000 037

NAMA	JENIS GARDU	ARAH
A	Gardu Tol Otomatis	Masuk
B	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Masuk
C	Gardu <i>On Board Unit</i>	Masuk
D	Gardu <i>On Board Unit</i>	Keluar
E	Gardu Tol Otomatis khusus Golongan I	Keluar
F	Gardu Tol Otomatis	Keluar



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN GERBANG TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR

NAMA GAMBAR

Gerbang Tol Manyar
2019

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Hera Widyastuti, MT. PhD

DOSEN PEMBIMBING II

A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

NAMA MAHASISWA

Arnold Yosua Dondokambey

NRP MAHASISWA

03111340000 037

GARDU TOL OTOMATIS
SEMUA GOLONGAN KENDARAAN



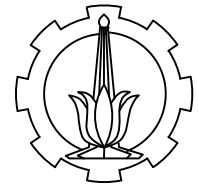
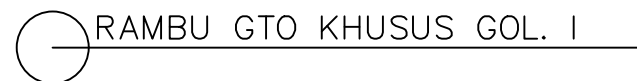
LAJUR KHUSUS
Pengguna
On Board Unit
(OBU)

TINGGI MAKS. 2,1m



LAJUR KHUSUS
GARDU TOL OTOMATIS
KENDARAAN KECIL

TINGGI MAKS. 2,1m



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

TUGAS AKHIR
(RC14-1501)

PERENCANAAN GERBANG TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR

NAMA GAMBAR

Rambu Per Jenis Gardu

NO
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Hera Widyastuti, MT. PhD

DOSEN PEMBIMBING II

A. Agung Gde Kartika, ST. Msc

NAMA MAHASISWA

Arnold Yosua Dondokambey

NRP MAHASISWA

03111340000 037

BIODATA PENULIS



Arnold Yosua Dondokambey lahir di Balikpapan, Kalimantan Timur pada tanggal 10 Agustus 1995. Anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Nasional KPS Balikpapan, SMP Nasional KPS Balikpapan, dan SMA Negeri 1 Balikpapan. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 3113100037. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2018 dengan judul Tugas Akhir “Perencanaan Gerbang Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar”. Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui surel : arnoldyosua@gmail.com